

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
Направление подготовки (15.03.06) мехатроника и робототехника
Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование учебной модели персонального электрического транспортного средства типа «Моноколесо»

УДК 621.965.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E21	Дмитриев Илья Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов Сергей Владимирович	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хаперская Алёна Васильевна	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ИКСУ	Лиепиньш Андрей Вилнисович	Кандидат технических наук		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Обозначение	Содержание
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.
P3	Применять полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем, (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.
P6	Интегрировать знания в области анализа, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем со знаниями из смежных областей
P7	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.
<i>Универсальные</i>	
P8	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий.
P10	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
PI 1	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности
P12	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт кибернетики
 Направление подготовки (специальность) мехатроника и робототехника
 Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Е21	Дмитриев Илья Олегович

Тема работы:

Проектирование учебной модели персонального электрического транспортного средства типа «Моноколесо»

Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 5.02.2016 № 778/С
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>Объектом исследования и проектирования является учебная модель персонального электрического транспортного средства типа «Моноколесо». В качестве датчиков для системы стабилизации использовать гироскоп, акселерометр, энкодер. Разработка 3D-модели. Требования к изделию: стабилизация колеса в вертикальном положении (погрешность отклонения в 1° - 2°), скорость транспортного средства не менее 3 км/ч, способность преодолевать наклонные поверхности под углом возвышения 45° безопасность (от получения механических травм), экологическая безопасность при эксплуатации и утилизации.</i></p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><i>Аналитический обзор литературы по данной тематике (моноколеса, обратный маятник, стабилизация неустойчивых объектов и т.д.), разработка структурной и принципиальной схемы транспортного средства, разработка 3D-модели, сборка модели, программирование устройства и проверка его работоспособности и соответствии поставленным требованиям.</i></p>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская Алёна Васильевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.10.2015
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов Сергей Владимирович	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е21	Дмитриев Илья Олегович		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
 Направление подготовки 221000 (15.03.06) «Мехатроника и робототехника»
 Кафедра интегрированных компьютерных систем управления
 Уровень образования – бакалавр
 Период выполнения – осенний/весенний семестр 2014/2015 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2016 г.	Основная часть	75
25.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
01.06.2016 г.	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИКСУ	Леонов С.В.	Кандидат технических наук		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
ИКСУ	Лиепиньш А.В.	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 96 с., 28 рис., 32 табл., 64 источника, 2 приложения.

Ключевые слова: моноколесо, обратный маятник, транспортное средство, система стабилизации, неустойчивые объекты, двигатель постоянного тока.

Объектом исследования является электрическое транспортное средство типа «Моноколесо».

Цель работы – проектирование учебной модели персонального электрического транспортного средства типа «Моноколесо».

В процессе исследования изучены патенты ведущих компаний производителей, литература по данной тематике, разработан эскиз и 3D-модель транспортного средства, на основе поставленной задачи и изученного материала разработана структурная и принципиальная схемы, выбраны необходимые технические элементы, собрана система стабилизации.

В результате исследования была разработана 3D-модель транспортного средства, структурная, функциональная и электрическая принципиальная схемы, собран экспериментальный образец устройства.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: скорость – 3 км/ч, вращающий момент – 0,945 Н*м.

Степень внедрения: экспериментальный макет.

Область применения: лабораторные исследования неустойчивых объектов, проектирование систем стабилизации, разработка транспортных средств.

Экономическая эффективность/значимость работы на основе данной работы могут быть разработаны прототипы моноколёс, которые послужат основой для решения проблем, связанных с личным автотранспортом в черте города.

В будущем планируется отладка системы стабилизации, завершение проектирования корпуса колеса и печать прототипа на 3D-принтере, улучшение технических характеристик.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В работе используются следующие обозначения и сокращения:

КПД - коэффициент полезного действия;

ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;

ПЗУ – постоянное запоминающее устройство;

ШИМ – широтно-импульсная модуляция;

ГОСТ – государственный стандарт;

НТИ – научно-техническая разработка;

НИИ – научно-исследовательский институт;

ФЗ – федеральный закон;

ПК – персональный компьютер;

ЭМП – электромагнитное поле;

ПДК – предел допустимой концентрации;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

КЗ – короткое замыкание;

ПО – программное обеспечение;

НР – научный руководитель;

С – студент,

УГО – условные графические обозначения;

GPS – global positioning system – система глобального позиционирования;

FIFO – «first in, first out» - первым пришёл, первым вышел;

DC – direct current – постоянный ток.

Оглавление

Введение	10
1. Обзор литературы	13
2. Расчёт необходимых параметров	16
3. Разработка эскиза, проектируемого моноколеса	21
4. Разработка структурной схемы	22
5. Разработка функциональной схемы	25
6. Выбор необходимых элементов	27
6.1 Микроконтроллер	27
6.2 Двигатель	28
6.3 Драйвер	29
6.4 Гироскоп	30
6.5 Акселерометр	31
6.6 Преобразователь логических уровней для Arduino	32
6.7 Аккумуляторная батарея	33
7. Разработка зубчатой передачи	34
8. Проектирование 3D-модели в Autodesk Inventor	38
9. Конструкторская документация	40
9.1 Сборочный чертёж	40
9.2 Принципиальная электрическая схема	41
10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	43
11. Социальная ответственность	66
Заключение	85
Список публикаций студента	87
Список использованной литературы	88
Приложение А. Принципиальная электрическая схема	95
Приложение Б. Сборочный чертёж	96

Введение

Вопрос перегруженности дорог в городе сегодня является очень существенной проблемой. По статистическим данным за 2014 год [1] в крупных городах России (Москва, Санкт-Петербург) уровень загруженности дорог с 8:00 до 20:00 находится в диапазоне выше 6 баллов (серьёзные пробки) [1] (рисунок 1).

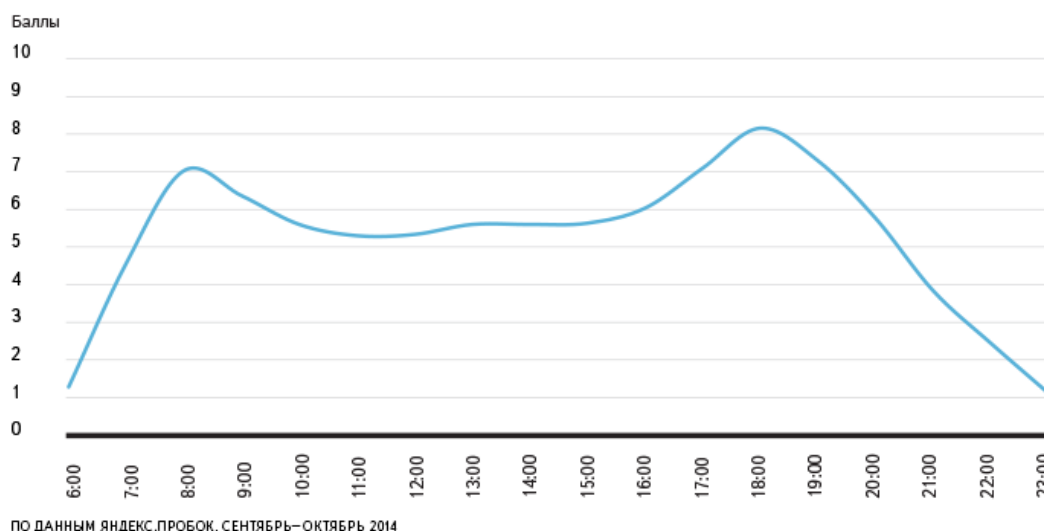


Рисунок 1. Пробки в г. Москва [1]

Данная ситуация обусловлена целым рядом причин, одной из которых является перенасыщенность городского пространства личным автотранспортом. Это влечёт за собой множество проблем, связанных не только с состоянием загруженности дорог, но и с их состоянием, а также с экологией окружающей среды.

Для решения подобных проблем ещё в 2001 году было представлено электрическое самобалансирующееся экологически чистое транспортное средство – Segway (рисунок 2), получившее большую популярность во многих странах [2].

Оно обладает целым рядом преимуществ перед автомобилями: во-первых, это цена – около 70 – 100 тыс. рублей; во-вторых, не требует постоянного технического обслуживания; в-третьих, экономит средства на топливе. Можно также добавить, что Segway позволяет владельцу значительно экономить время при поиске парковочных мест (ведь его можно оставить и в

офисе), а главное, это транспортное средство позволяет избежать многочисленных пробок и вовремя добраться до места назначения.

Однако наряду с достоинствами перед автомобилями данного транспортного средства (экологичность, мобильность, малые габариты, манёвренность и т.д.) имеется и ряд недостатков: малый заряд батареи (рассчитан примерно на 20 километров пути), сравнительно низкая скорость (около 20 км/ч), незащищённость езды от плохих погодных условий [3].



Рисунок 2. Segway [3]

О «низкой» скорости можно сказать следующие: во время пика загруженности дорог в крупных городах России средняя скорость автомобиля не превышает 18 км/ч [1]. В следствие этого замечания можно сделать вывод, что Segway позволит добраться, например, от окраины Москвы до центра быстрее, чем на автомобиле.

После Segway в 2012 году была представлена новая разработка – Solowheel [4]. Solowheel или Моноколесо – это электрический самобалансирующийся моноцикл с одним колесом, и расположенными по обе стороны от колеса подножками (рисунок 3).



Рисунок 3. Monowheel [4]

По сравнению с Segway данное транспортное средство значительно улучшило свои характеристики. Улучшение показателей произошло в основном за счёт уменьшения габаритов, что позволило увеличить скорость (до 30 км/ч) и расстояние, которое колесо может преодолеть (до 30 км) [5].

Также можно выделить ряд преимуществ моноколёс по сравнению с «сигвеями» [6]:

1. Меньшая цена – в среднем на 10 – 20 тыс. руб.;
2. Большая скорость – в среднем на 5 – 10 км/ч;
3. Меньшие габариты;
4. Большой запас хода;
5. Большая скорость заряда батареи – в среднем на 0.5 – 1 час.

Важно отметить, что моноколесо, также как и сигвей, способно перевозить массу до 120 кг [6].

В настоящее время в России электрические транспортные средства только набирают популярность, но рост интереса к ним с каждым годом всё больше и больше. Особенно это заметно в последнее время, после значительного увеличения цен на горючее топливо и ухудшения ситуации с загруженностью дорог в крупных городах нашей страны.

1. Обзор литературы

На основе патентного обзора и анализа зарубежных аналогов можно сказать, что на сегодняшний день основными производителями транспортного средства типа «Моноколесо» являются такие компании, как: Solowheel, IPS, Airwheel, Ninebot, Inmotion и др. [7]. Все они находятся в основном в Китае, Японии, США и Южной Корее.

Каждая модель отличается по целому ряду характеристик: по запасу хода, массе, мощности двигателя, максимальной скорости, максимальной нагрузке и т.д. Отличие данных характеристик в первую очередь отражается на цене модели (она варьируется от 30 до 70 тысяч рублей). Для сравнения в таблице 1 представлены технические характеристики и цены основных моделей различных компаний [8].

Таблица 1 – Технические характеристики и цены моделей моноколёс основных компаний-производителей (данные представлены на 2014 год) [9]

Характеристики	IPS 111	Airwheel X6	Solowheel	Inmotion V3
Запас хода, км	35	20	16	25
Время перезаряда батареи, час	2	1,5	0,5	1
Мощность электромотора, Вт	950	1000	1600	-
Максимальная скорость, км/час	14	18	16	18
Масса, кг	12	11	4	13,5
Максимальная нагрузка, кг	120	120	115	120
Ориентировочная цена, тыс. руб.	50	45	55	60

Движителем моноколеса обычно является бесколлекторный электродвигатель постоянного тока. Главной его особенностью и преимуществом является отсутствие коллектора, что даёт более высокий КПД, диапазон изменения скорости, позволяет выдерживать большую нагрузку на валу, делает его компактным и т.д. [10].

В зависимости от модели моноколеса на нём присутствуют мягкие прорезиненные панели для ног, обеспечивающие более удобное и комфортное управление, габаритные огни, служащие для распознавания моноколеса в тёмное время суток, а также система GPS и устройство Bluetooth, позволяющие владельцу получить данные о состоянии транспортного средства и расходе батареи, пройденном расстоянии, изменении скорости и её среднем значении, определить своё место положение и местоположение моноколеса в случаях кражи или угона.

Также, на сегодняшний день представлено множество различных вариантов конструктивных решений данного средства передвижения. Они различаются по количеству колёс (одно или два), положению системы управления и типу двигателя, его конструктивным исполнением, а также наличием тех или иных деталей, служащих для обеспечения безопасности и комфортности передвижения и транспортировки моноколеса (Рисунок 4).



Рисунок 4. Различные конструктивные решения моноколёс [11]

Каждая модель имеет свой ряд достоинств и недостатков. Например, колесо с расположением системы управления и двигателя в его нижней части имеет меньший вес, однако в этом случае ухудшается комфортность передвижения на нём, поскольку площадь соприкосновения мягких панелей с ногами значительно меньше.

Наиболее конкурентоспособная на сегодняшний день является модель Orbit компании Solowheel [12] (рисунок 5). Во-первых, это моноколесо существенно выигрывает в весе – всего 4 килограмма; во-вторых, скорость заряда батареи снижена до 30 минут; в-третьих, улучшена защищённость от

попадания воды, что позволяет использовать его при дождливой погоде [12]. При этом сохраняются все основные достоинства моделей-конкурентов: максимальная скорость – 16 км/ч, мощность двигателя – 1600 Вт, максимальная нагрузка – 115 кг, цена – около 55 тыс. рублей [12].



Рисунок 5. Solowheel Orbit [12]

Однако и в данной модели есть проблемы, связанные с недостаточной мощностью двигателя при въезде на наклонные поверхности более 30° [13], накопление ошибки в системе стабилизации (гироскопе) [14], «скользкостью» поверхности подножек при попадании на них воды, а также малый запас хода – всего 15 км.

2. Расчёт необходимых параметров

В первую очередь решим задачу, связанную с преодолением наклонных поверхностей с углом возвышения более 30° [13]. Данная проблема была высказана российскими пользователями данных моноколёс [13]. Это связано с тем, что в России пандусы на внутриквартирных лестницах, съездах с дорог и тротуаров имеют угол возвышения до 45° по ГОСТ Р 51261-99 [14] (рисунок 6), что создаёт неудобство использования моноколёс в России.



Рисунок 6. Углы внутриквартирных лестниц [14]

Способность преодолевать наклонные поверхности зависит от двух основных параметров – это мощности двигателя P и вращающего момента колеса M [15]. Мощность двигателя Solowheel Orbit известна [12]: $P_{\text{дв}} = 1600$ Вт. Рассчитаем вращающий момент M .

Известно, что вращающий момент и мощность связаны по формуле $P_{\text{дв}} = M \cdot \omega$, где ω – это угловая скорость. В свою очередь угловую скорость можно рассчитать из отношения линейной скорости к радиусу колеса: $\omega = \frac{v}{r}$, где $v = 16 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 4,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – это линейная скорость, указанная производителем [12], $r = 0,225$ м – радиус колеса [12]. Таким образом вращающий момент M может быть найден как:

$$M = \frac{P_{\text{дв}}}{\omega} = \frac{P_{\text{дв}} \cdot r}{v}; (0)$$

$$M = \frac{1600 \cdot 0,255}{4,4} = 81,82 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Далее рассчитаем какой момент необходим для преодоления наклонной поверхности с углом $\alpha = 30^\circ$. Пусть высота нашей «горки» будет равна $H = 1$ м. Масса колеса равна $m = 4$ кг [12]. Максимальная масса, которую может выдержать колесо равна $m_{max} = 115$ кг [12]. Коэффициент трения качения колеса по асфальту равен $k_{кр} = 0,02$ [16]. Вращающий момент колеса $M_k = 81,82 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Скорость колеса равна $v = 4,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Сведём все данные в таблицу.

Таблица 2 – Исходные данные

Дано	α	H , м	m , кг	m_{max} , кг	$k_{кр}$	M_k , Н · м	v , м/с
	30°	1	4	115	0,002	81,82	4,4

Сделаем графическое представление решаемой задачи. Расставим векторы сил, обозначим систему отсчёта xOy – рисунок 7.

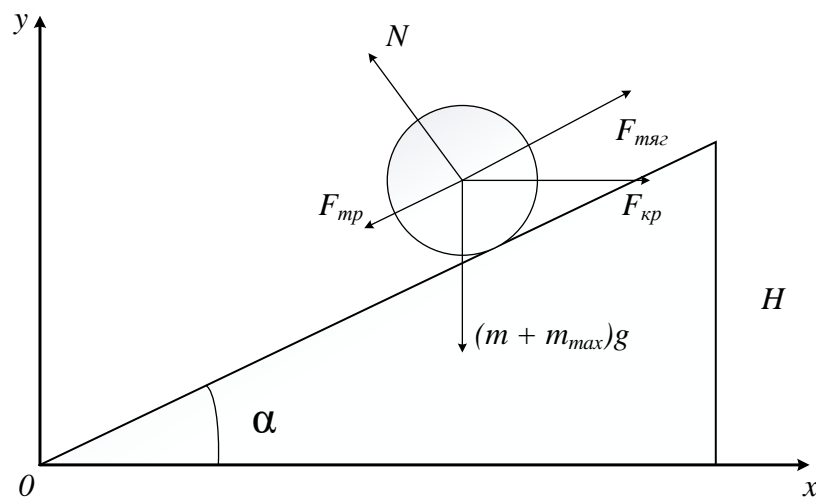


Рисунок 7. Графическое представление задачи

Момент, который необходим для того, чтобы преодолеть наклонную поверхность в 30° находится по формуле $M = F_{тяги} \cdot r$. Необходимо узнать, какова должна быть сила тяги. Составим системы уравнений для данной задачи.

$$0x: F_{кр} + F_{тяги} \cdot \cos(\alpha) - F_{тр} \cdot \sin(\alpha) - N \cdot \sin(\alpha) = (m + m_{max})a; \quad (1)$$

$$0y: F_{\text{тяг}} \cdot \sin(\alpha) + N \cdot \cos(\alpha) - F_{\text{тр}} \cdot \sin(\alpha) - (m + m_{\text{max}})g = 0. \quad (2)$$

Необходимо дополнительно рассчитать силу, которая вращающую колесо – $F_{\text{кр}}$, ускорение a и силу трения качения – $F_{\text{тр}}$.

$$F_{\text{кр}} = \frac{M}{r} = \frac{81,82}{0,225} = 363,6 \text{ Н.}$$

Для нахождения ускорения воспользуемся формулой без времени:

$$a = \frac{v_{\text{кон}}^2 - v_{\text{нач}}^2}{2 \cdot S} = 1,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Силу трения качения можно найти как $F_{\text{тр}} = k_{\text{тр}} \cdot \left(\frac{N}{r}\right)$. Выразив из этого уравнения силу реакции опоры N подставим её в уравнения (1) и (2).

$$0x: F_{\text{кр}} + F_{\text{тяг}} \cdot \cos(\alpha) - F_{\text{тр}} \cdot \sin(\alpha) - \frac{F_{\text{тр}} \cdot r}{k_{\text{тр}}} \cdot \sin(\alpha) = (m + m_{\text{max}}) \cdot a; \quad (3)$$

$$0y: F_{\text{тяг}} \cdot \sin(\alpha) + \frac{F_{\text{тр}} \cdot r}{k_{\text{тр}}} \cdot \cos(\alpha) - F_{\text{тр}} \cdot \sin(\alpha) - (m + m_{\text{max}}) \cdot g = 0. \quad (4)$$

Далее выразим силу трения из уравнения (1) через уравнение (2) и приведём подобные. Получим, что

$$F_{\text{тяг}} = \frac{(m + m_{\text{max}})g + \frac{F_{\text{кр}} - (m + m_{\text{max}}) \cdot a}{1 + \frac{r}{k_{\text{тр}}}} - \frac{(F_{\text{кр}} - (m + m_{\text{max}}) \cdot a) \cdot r \cdot \cos(\alpha)}{(r + k_{\text{тр}}) \cdot \sin(\alpha)}}{\sin(\alpha) + \frac{2 \cdot \cos(\alpha) \cdot r}{\sin(\alpha) \cdot (r + k_{\text{тр}})} - \frac{\cos(\alpha)}{1 + \frac{r}{k_{\text{тр}}}}}; \quad (5)$$

Подставим значения и получим, что сила тяги $F_{\text{тяг}} = 346,42 \text{ Н.}$

Далее рассчитаем момент M необходимый для того, чтобы преодолеть препятствие:

$$M = F_{\text{тяг}} \cdot r = 346,42 \cdot 0,225 = 77,49 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (6)$$

Сравним полученные расчёты. $M_2 = 77,49 \text{ Н} \cdot \text{м}$; а $M_1 = 81,82 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Данный запас предусмотрен производителем и составляет 5% от максимального вращающего момента.

Теперь рассчитаем какой вращающий момент необходим, чтобы преодолеть наклонную поверхность с углом $\alpha = 45^\circ$.

Используем вышеуказанные формулу (5) и (6) получим, что для преодоления такого препятствия сила тяги должна быть равна $F_{\text{тяг}} = 375,49 \text{ Н}$, а вращающий момент $M_3 = 84,48 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Сделаем запас в 5%:

$$M_{\text{иск}} = \frac{84,48 \cdot 100\%}{95\%} = 88,93 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Получим, что для того, чтобы преодолеть наклонную поверхность в 45° необходим вращающий момент $M_{\text{иск}} = 88,93 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Для того, чтобы получить такой момент есть несколько путей решения:

- Исходя из формулы получения момента M (6) можно увеличить радиус колеса;
- Исходя из формулы получения момент M (0) можно выбрать двигатель с большей мощностью;
- Использовать редуктор.

При увеличении радиуса колеса изменятся его размеры, что увеличит стоимость колеса ввиду затрат на материалы (в среднем на 7 – 10 тыс. рублей) [17], а также изменится его эргономика и масса.

При выборе двигателя большей мощности себестоимость транспортного средства менее значительно – на 5 – 10 тыс. рублей [18]. Более мощный двигатель повлияет на массу колеса.

При использовании редуктора цена на колесо ощутимо возрастёт (в среднем на 10 – 15 тыс. рублей исходя из разности стоимостей редукторов) [19], а также сильно изменится его масса из-за помещения в корпус зубчатых колёс. Также появится шум от работы редуктора и риск быстрой поломки зубчатых колёс при попадании дорожной пыли или камней.

С точки зрения производителя, наиболее выгодным вариантом улучшения характеристик моноколеса является первый или второй вариант, так как меньше всего вносят изменений в работу колеса, его внешний вид и стоимость.

Рассчитаем необходимую мощность двигателя по формуле (0) выразив $P_{\text{дв}}$:

$$P_{\text{дв}} = \frac{M \cdot v}{r} = \frac{88,93 \cdot 4,4}{0,225} = 1739 \text{ Вт.}$$

Увеличение мощности на 139 Вт увеличит стоимость транспортного средства в среднем на 5 тыс. рублей [20].

Для разработки учебной модели-прототипа моноколеса такое удорожание значительно, поэтому выберем третий вариант и спроектируем редуктор, необходимый для получения необходимого вращающего момента [Пункт 7]. Этот вариант будет наиболее дешёвым, потому что детали учебной модели предполагается печатать на 3D-принтере. Материал – пластмасса, используемая для печати, стоимость – 20 рублей за 1 гр. Стоимость зубчатых колёс редуктора, напечатанных на 3D-принтере можно вычислить по формуле:

$$C = 20 \cdot m, \text{ где } m \text{ – масса зубчатого колеса.}$$

Для того, чтобы определить массу зубчатых колёс спроектируем 3D-модель моноколеса.

3. Разработка эскиза, проектируемого моноколеса

Разработаем эскиз моноколеса. Это позволит заранее учесть габариты системы управления и аккумуляторной батареи, а также его эргономику. На рисунке 8 представлены эскизы разрабатываемого прототипа и того, каким образом человек сможет передвигаться на транспортном средстве, а также как моноколесо можно будет переносить.

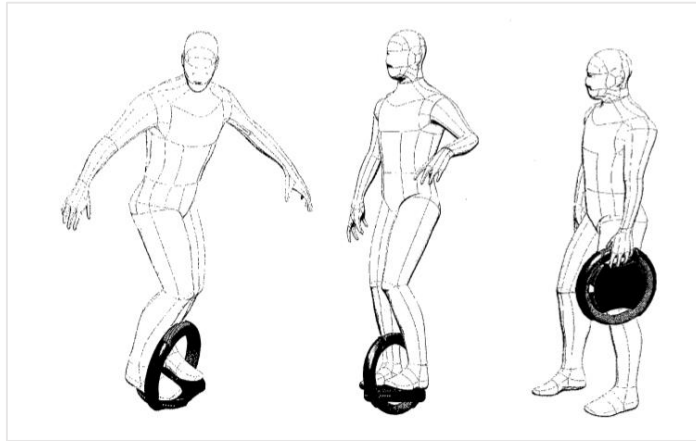


Рисунок 8. Способы передвижения на моноколесе.

Транспортировка [21]

На рисунке 9 представлены эскизы моноколеса и его корпуса. Расположение элементов внутри корпуса колеса будет учтено на стадии выбора элементов и расчёта математической модели.

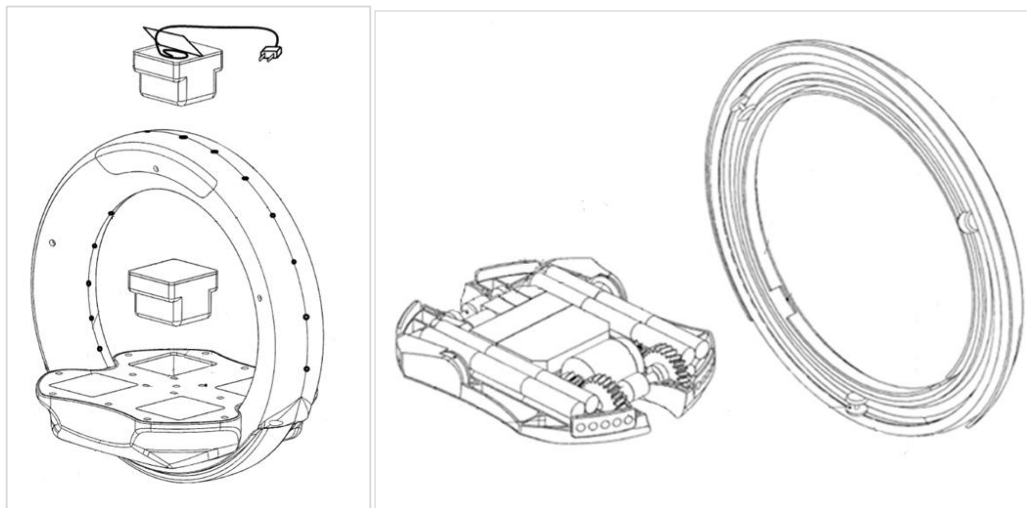


Рисунок 9. Общий собранный вид и внутренний «разобранный» вид моноколеса [21]

4. Разработка структурной схемы

Моноколесо должно регулировать скорость движения «ездока» в зависимости от его угла отклонения от вертикального положения при помощи системы стабилизации (включающей в себя микроконтроллер с алгоритмом работы системы стабилизации, двигатель, драйвер для управления двигателем, датчики – энкодер, гироскоп и акселерометр), информировать о превышении максимальной скорости движения или ограничивать её.

Для управления двигателем используем драйвер, на который будет поступать управляющий сигнал с микроконтроллера. Для того чтобы согласовать логические уровни датчиков (гироскопа и акселерометра) и микроконтроллера потребуется преобразователи логических уровней с 3.3 В на 5 В. Питание от аккумуляторной батареи будет поступать непосредственно на микроконтроллер.

Составим структурную схему проектируемой системы (рисунок 10).



Рисунок 10. Структурная схема проектируемой системы

Дадим определение каждому из элементов структурной схемы.

Аккумуляторная батарея – это источник тока многоразового действия, основная специфика которого заключается в обратимости внутренних химических процессов, что обеспечивает его многократное циклическое использование (через заряд-разряд) для накопления энергии и автономного

электропитания различных электротехнических устройств и оборудования, а также для обеспечения резервных источников энергии [22].

Преобразователь логических уровней – это электротехническое устройство, предназначенное для согласования логических уровней электротехнических устройств (чаще всего напряжения в 5 В и 3.3 В). [23]. Он необходим для того, чтобы согласовать логические сигналы (3.3 В) посылаемые с датчиков с уровнями микроконтроллера (5В).

Драйвер – это электронное устройство, предназначенное для преобразования электрических сигналов, целью которого является управление чем-либо. Драйвером обычно называется отдельное устройство или отдельный модуль, микросхема в устройстве, обеспечивающие преобразование электрических управляющих сигналов в электрические или другие воздействия, пригодные для непосредственного управления исполнительными или сигнальными элементами [24].

В нашем случае драйвер предназначен для управления двигателем. Драйвер двигателя преобразует управляющие сигналы малой мощности в токи, достаточные для управления моторами [24].

Микроконтроллер – это микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами. Типичный микроконтроллер сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, содержит ОЗУ и (или) ПЗУ [25].

Двигатель постоянного тока – это электрическая машина постоянного тока, преобразующая электрическую энергию постоянного тока в механическую энергию [26].

Энкодер – это устройство преобразующее линейное или угловое перемещение в последовательность сигналов, позволяющих определить величину перемещения [27].

Гироскоп – это устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчета [28].

Акселерометр – это прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением). Как правило, акселерометр представляет собой чувствительную массу, закреплённую в упругом подвесе, однако в данной системе используется цифровой акселерометр. Отклонение «массы» от её первоначального положения при наличии кажущегося ускорения несёт информацию о величине этого ускорения [29].

Пусковое устройство представляет собой тумблер (кнопку), которая предназначена для передачи электрического сигнала электрическим устройствам путём замыкания или размыкания двух и более контактов [30].

5. Разработка функциональной схемы

Функциональная схема отражает процессы, протекающие в системе. На данной схеме показаны связи между элементами системы, виды сигналов, переходящих от элемента к элементу, преобразование одних сигналов в другие [31].

Элемент запуска и питания системы – это тумблер и аккумуляторная батарея. После подачи электрического сигнала на микроконтроллер колесо начинает работать.

Микроконтроллер является элементом, в котором заложен алгоритм управления системой стабилизации, скоростью устройства и его ускорением. От него поступает управляющий сигнал в виде короткого импульса тока на драйвер.

Драйвер – это элемент управления двигателем, он преобразует малые токи – управляющие сигналы, посланные с микроконтроллера в токи, пригодные для управления двигателем.

Двигатель вырабатывает вращающий момент, необходимый для движения колеса. Момент выработанный колесом усиливается редуктором, после чего вращающий момент преобразуется скорость и ускорение, изменяющие положение колеса. Эти изменения считываются датчиками – гироскопом и акселерометром.

Угол поворота вала колеса считывается *энкодером* в виде двоичного кода. Он позволяет определить угловую скорость вращения двигателя. Далее, с энкодера сигнал поступает в виде электрических импульсов на микроконтроллер.

Гироскоп определяет отклонения колеса от абсолютной системы координат, а акселерометр определяет ускорение этого отклонения. Информация с датчиков поступает сначала на преобразователь логических уровней, а после на микроконтроллер.

Таким образом, разработанную функциональную схему можно представить следующим образом – рисунок 11.

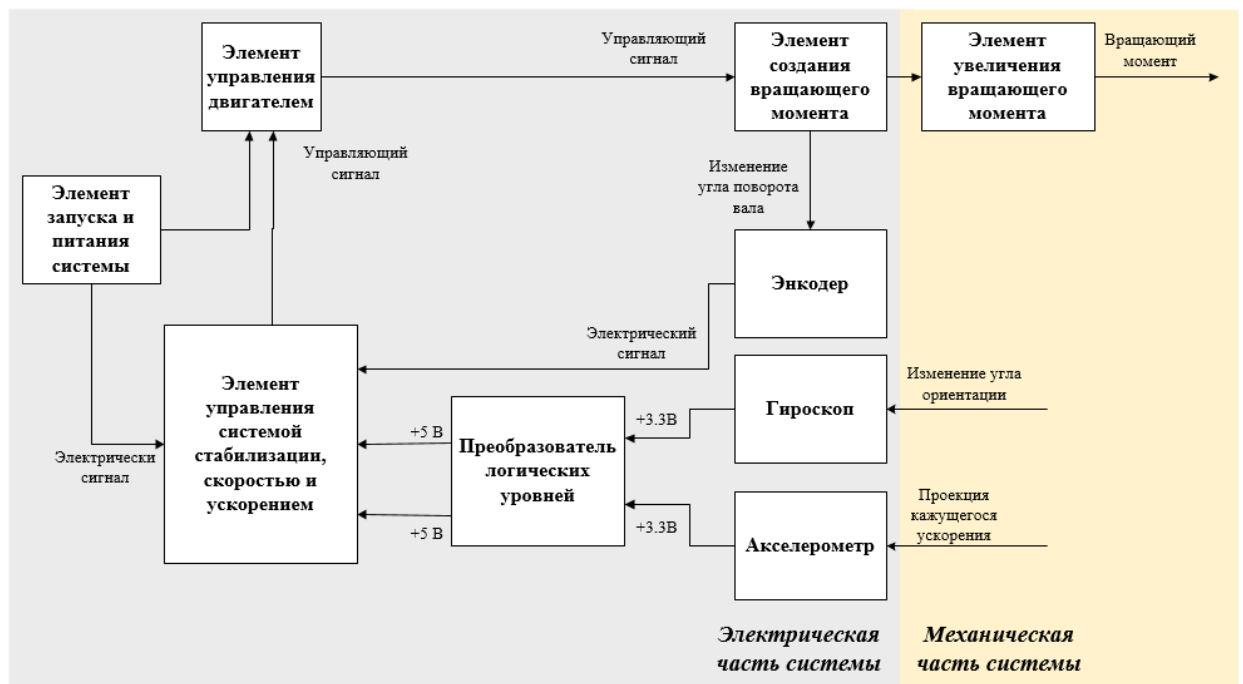


Рисунок 11. Функциональная схема модели моноколеса

6. Выбор необходимых элементов

6.1 Микроконтроллер

Для стабилизации моноколеса и управления им выбран микроконтроллер Arduino Freeduino, предоставленный кафедрой, так как является подходящим для решения поставленных задач. Этот микроконтроллер, разработан на базе микропроцессора ATmega328P. Имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут быть использованы как выходы с ШИМ-кодировкой) и 6 аналоговых, кварцевый кристалл с тактовой частотой 16 МГц, USB коннектор, кнопку сброса настроек и отдельный выход для питания платы [32] (рисунок 12).



Рисунок 12. Микроконтроллер Arduino Uno [32]

Технические характеристики [32]:

- Микропроцессор ATmega328P;
- Рабочее напряжение: 5В;
- Входное напряжение (рекомендуется) 7 – 12 В;
- Входное напряжение (предельное): 6 – 20 В;
- Цифровые выходы: 14 (6 из которых обеспечивают выход ШИМ);
- ШИМ цифрового ввода/вывода 6;
- Аналоговые входные контакты 6;
- Величина постоянного тока в I/O Pin: 20 мА;
- Величина постоянного тока для 3,3 Pin 50 мА;
- Флэш-память 32 Кб (ATmega328P) из которых 0,5 Кб используются загрузчиком;

- SRAM 2 Кб (ATmega328P);
- Тактовая частота 16 МГц;
- Размеры:
 - Длина 68,6 мм;
 - Ширина 53,4 мм;

Вес 25 г.

Так как перед нами не стоит задача разработки нового алгоритма системы стабилизации и управления, то вычислительной мощности данного микроконтроллера будет достаточно для реализации стандартного алгоритма управления.

6.2 Двигатель

Двигатель – это устройство, которое предаёт движение «Моноколесу». Основными критериями при выборе двигателя являются его тип, передаточное отношение, количество оборотов на валу, вес и питающее напряжение. Также для данного транспортного средства важно наличие энкодера.

Сравнительная характеристика двух двигателей приведена в таблице 2.

Таблица 2 – таблица сравнения двигателей.

	DC Motor 16002 [33]	JGB37-3530B [34]
Тип	бесколлекторный двигатель постоянного тока	мотор-редуктор
Передаточное отношение	64:1	6,3:1
Мощность, Вт	17	11
Быстродействие		
Количество оборотов (без нагрузки), об/мин	8100	1600
Питающее напряжение, В	12	12
Вес, г	88	200
Энкодер		
Тип	оптический	датчик Холла

Для данной работы был выбран бесколлекторный двигатель постоянного тока со встроенным оптическим энкодером DC Motor 16002 [33] (рисунок 13). Данный двигатель обладает большим крутящим моментом и

достаточной мощностью необходимой для того, чтобы моноколесо развивало нужную скорость. Отсутствие коллекторного узла обеспечивает более долгий его срок службы и точность управления, а также позволяет исключить из схемы систему охлаждения, которая была бы необходима коллекторному двигателю. Также, одним из важнейших качеств бесколлекторного двигателя постоянного тока – это отсутствие радио помех, которые могли бы повлиять на работу микроконтроллера и датчиков. Наличие энкодера позволяет упростить систему управления и сэкономить место в корпусе моноколеса.



Рисунок 13. Бесколлекторный двигатель постоянного тока со встроенным энкодером DC Motor 16002 [33]

Размеры выбранного двигателя DC Motor 16002:

- Диаметр: 30 мм;
- Длина: 42 мм;
- Общая длина: 85мм;
- Диаметр вала: 6 мм;
- Длина вала: 35 мм.

6.3 Драйвер

Драйвер L293D – применяется для управления шаговыми двигателями, двигателями постоянного тока и запирающими реле, что подходит в нашем случае [34] (рисунок 14). Данный драйвер предоставлен кафедрой так как является наиболее подходящим для данной модели.

Технические характеристики [35]:

- Широкий диапазон напряжений: от 4.5 В до 36 В;

- Отдельный логический вход;
- Высокая устойчивость входов к шумам;
- Максимальный входной ток 1А;
- Максимальный выходной ток 2А.



Рисунок 14. Драйвер двигателя L293D [35]

6.4 Гироскоп

Основными критериями при выборе гироскопа являются количества осей измерения, чувствительность к изменениям угла ориентации, тип цифрового интерфейса, возможность фильтрации данных, диапазон рабочих температур и размеры.

Наиболее подходящими выделены гироскоп L3G4200D и L3GD20. Однако второй менее устойчив к перепадам температур и имеет более высокую цену. Поэтому выбран гироскоп L3G4200D MEMS Gyro [36] (рисунок 15). Данный гироскоп был выбран потому, что его особенностью является возможность изменения чувствительности от ± 200 до ± 2000 dps. Это необходимо для точной настройки системы стабилизации колеса. Также его достоинствами являются высокая ударопрочность, возможность смены интерфейса, что позволит наиболее оптимально скорректировать работу системы.

Технические характеристики [36]:

- Чувствительность: ± 200 / ± 500 / ± 2000 dps;
- Цифровой интерфейс: I²C / SPI;
- Выходной битрейт: 16 бит;

- 2 линии выхода: прерывание / данные;
- Высокочастотный и низкочастотный фильтры;
- Напряжения питания: 2,5 – 3,6 В;
- Датчик температур;
- Диапазон рабочих температур: от – 40 до + 85 °С;
- Размеры: 16 x 17 мм.

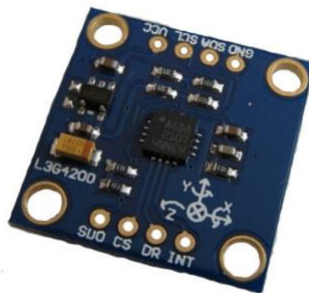


Рисунок 15. Гироскоп L3G4200D MEMS Gyro [36]

6.5 Акселерометр

Выбор акселерометра происходит по следующим критериям: количество осей измерения, диапазон измерений, цифровой интерфейс, устойчивость к перепадам температур, питающее напряжение, наличие фильтров, погрешность измерений.

Для поставленных задач наиболее подходящими акселерометрами являются LIS3LV02DL и ADXL345 Triple Axis Accelerometer. Их основное отличие – это диапазон измерений, в котором они работают. Диапазон измерений первого (LIS3LV02DL): $\pm 2 / \pm 6$ g. Очевидно, что выбор сделан в пользу второго.

Акселерометр ADXL345 Triple Axis Accelerometer – это трёх осевой датчик измерения кажущегося ускорения [37]. Из числа аналогичных выбран по тому, что есть возможность выбора частоты измерений и передача данных осуществляется по интерфейсу SPI, который является более простым и надёжным по сравнению с I²C.

Технические характеристики [37]:

- Диапазон измерений: $\pm 2 / \pm 4 / \pm 8 / \pm 16$ g;

- Погрешность измерений: ± 0.1 градуса;
- Разрешение на выходе: 16 бит;
- Цифровой интерфейс: I²C / SPI;
- Напряжения питания: 2,5 – 3,6 В;
- Высокочастотный и низкочастотный фильтры;
- Наличие FIFO планировщика процессов;
- Диапазон рабочих температур: от – 40 до + 85 °С;
- Размеры: 25 x 19 x 3,14 мм.

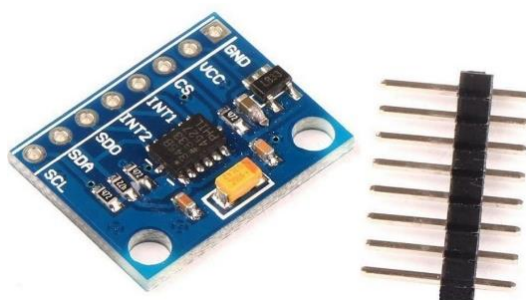


Рисунок 16. Акселерометр ADXL345 Triple Axis Accelerometer [37]

6.6 Преобразователь логических уровней для Arduino

Данный модуль служит для согласования уровней напряжения разных цифровых устройств. В нашем случае микроконтроллера Arduino, питаемого 5В и датчиками с напряжением 3.3 В. Также этот модуль работает с напряжениями 2.8 В и 1.8 В [38] (рисунок 17). Данный преобразователь выбран потому, что входит в одну серию Arduino и является дешёвым решением данной задачи.

Размеры: 0.63 x 0.52" (16.05 x 13.33мм)

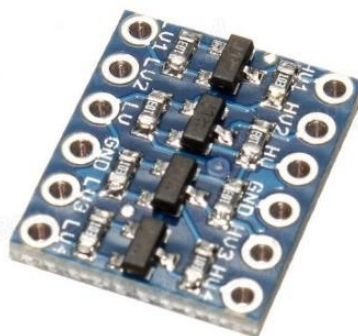


Рисунок 17. Преобразователь логических уровней для Arduino [38]

6.7 Аккумуляторная батарея

В качестве аккумуляторной батареи выбран литиевый аккумулятор DC-168 [39] (рисунок 18) ёмкостью 1800 мАч. Напряжение на выходе составляет 12 В, что является оптимальным вариантом в данной системе, так как входное напряжение для микроконтроллера составляет от 7 до 12 В. Также особенностью данной аккумуляторной батареи является наличие тумблера включения – это позволяет дополнительно уменьшить его себестоимость.



Рисунок 18. Литиевый аккумулятор DC-168 [39]

Технические характеристики аккумуляторной батареи:

- Тип аккумулятора: литиевый
- Напряжение на выходе: 12 В;
- Напряжение на входе: 12,6 В;
- Ёмкость: 1800 мАч;
- Канал питания: 1;
- Канал сети: 1;
- Размеры: 65 x 35 x 20 мм;
- Вес нетто: 100 г;
- Особенности: встроенный тумблер для включения/выключения работы аккумулятора.

Кнопка

К ним не предъявляется особых требований. Их задача в том, чтобы при нажатии отрабатывать определенную команду.

7. Разработка зубчатой передачи

Зубчатая передача – это механизм или часть механизма механической передачи, в состав которого входят зубчатые колёса [40] (рисунок 19).

Назначение [40]:

- передача вращательного движения между валами, которые могут иметь параллельные, пересекающиеся и скрещивающиеся оси;
- преобразование вращательного движения в поступательное, и наоборот.

При этом усилие от одного элемента к другому передаётся с помощью зубьев. Зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев называется шестернёй, второе колесо с большим числом зубьев называется колесом. Пара зубчатых колёс, имеющих одинаковое число зубьев, в этом случае ведущее зубчатое колесо называется шестернёй, а ведомое колесом [40].

Обычно число зубьев на сопряжённых зубчатых колёсах стремятся делать взаимно простым, что обеспечивает большую равномерность износа: в этом случае каждый зуб одного колеса будет по очереди работать со всеми зубьями другого колеса [40].

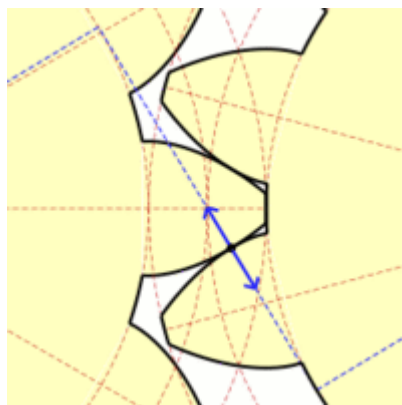


Рисунок 19. Зубчатая передача [40]

Для разработки прототипа модели моноколеса требуется определить, какой вращающий момент M должен вырабатываться на колесе. Нам известно, что мощность двигателя колеса Solowheel Orbit равна 1600 Ватт, а момент, необходимый для преодоления препятствий с углов возвышения $\alpha = 45^\circ$

равен $M_{иск} = 88,93 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Мощность двигателя DC Motor 16002 равна $P_{DC} = 17 \text{ Вт}$. Составим пропорцию:

$$M_{иск} : M_{мод} = P_{DC} : P_{дв};$$

$$M_{мод} = \frac{M_{иск} \cdot P_{DC}}{P_{дв}} = \frac{88,93 \cdot 17}{1600} = 0,945 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Определим передаточное общее передаточное число U [41].

$$U = \frac{n_{вх}}{n_{вых}}; (7)$$

где $n_{вх}$ – количество оборотов двигателя,

$n_{вых}$ – количество оборотов рабочего органа – колеса.

$$n_{вх} = 5000 \frac{\text{обр.}}{\text{мин}}; (8)$$

– рекомендуемое производителем число оборотов.

Найдём количество оборотов рабочего органа $n_{вых}$ из угловой скорости и соотношения мощности и вращающего момента:

$$P = M \cdot \omega; \omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{вых.}}{60};$$

$$n_{р.о.} = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot M} = \frac{60 \cdot 17}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,945} = 171,87 \frac{\text{обр.}}{\text{мин}} (9).$$

Подставим полученные значения в формулу (7). Тогда:

$$U = \frac{5000}{171,87} = 29.$$

Выберем общее передаточное число из стандартного ряда передаточных чисел для двухступенчатых редукторов [42] (Рисунок 20), установленных ГОСТ 2185-66 [41] с учётом того, что первый ряд предпочтительнее второму. Тогда, $U = 31,5$.

Рассчитаем передаточные числа тихоходной и быстроходной ступени [43].

$$U_T = 0,88 \cdot \sqrt{U} = 4,9.$$

В соответствии с ГОСТ 2185-66 [43] примем $U_T = 5$ [43] (рисунок 21). Тогда быстроходная ступень может быть найдена из отношения:

$$U_6 = \frac{U}{U_T} = \frac{31,5}{5} = 6,3$$

1-й ряд	6,3	–	8,0	–	10	–	12,5	–	16	–	20
2-й ряд	–	7,1	–	9,0	–	11,2	–	14	–	18	–
1-й ряд	–	25	–	31,5	–	40	–	50	–	63	
2-й ряд	22,4	–	28	–	35,6	–	45	–	56	–	

Рисунок 20. Таблица общих передаточных чисел для двухступенчатых редукторов [43]

1-й ряд	1,0	–	1,25	–	1,6	–	2,0	–	2,5	–	3,15	
2-й ряд	–	1,12	–	1,4	–	1,8	–	2,24	–	2,8	–	
1-й ряд	–	4,0	–	5,0	–	6,3	–	8,0	–	10	–	12,5
2-й ряд	3,55	–	4,5	–	5,6	–	7,1	–	9,0	–	11,2	–

Рисунок 21. Таблица общих передаточных чисел для одноступенчатых редукторов [43]

Для прототипа моноколеса не требуется учитывать твёрдость используемых материалов так как нагрузка на зубья колёс редуктора будет минимальной по причине отсутствия нагрузки на колесо, а также распределение нагрузки на опоры, угловое смещение и распределение нагрузки на вал. Поэтому далее воспользоваться программным компонентом Autodesk Inventor для проектирования зубчатых зацеплений, результаты расчёта представлены в таблицах 3, 4.

Таблица 3 – Общие параметры

Передаточное отношение		i	5
Межосевое расстояние, мм		a	40
		Зубчатое колесо 1	Зубчатое колесо 2
Количество зубьев	z	15	75

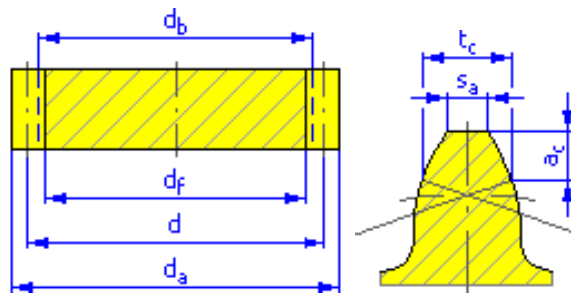


Рисунок 22. Профиль зуба и зубчатого колеса, шестерни
тихоходной передачи

Таблица 4 – Общие параметры

Передаточное отношение		i	6,3
Межосевое расстояние, мм		a	90
		Зубчатое колесо 1	Зубчатое колесо 2
Количество зубьев	z	25	157

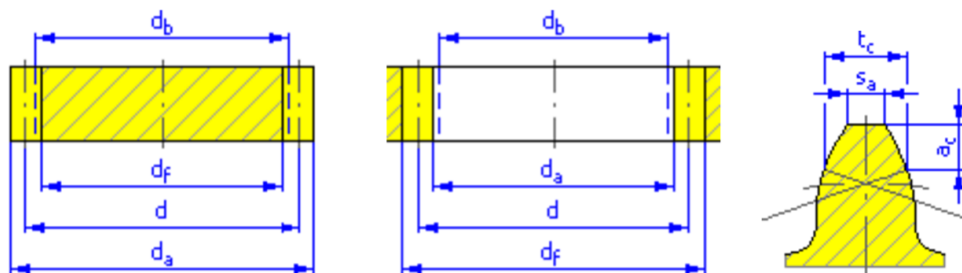


Рисунок 23. Профиль зуба, зубчатого колеса и
шестерни с внутренним быстроходной передачи.

8. Проектирование 3D-модели в Autodesk Inventor

На основе рассчитанных значений передаточных чисел, межосевых расстояний и количества зубьев, спроектируем 3D-модель зубчатой передачи (Рисунок 24).

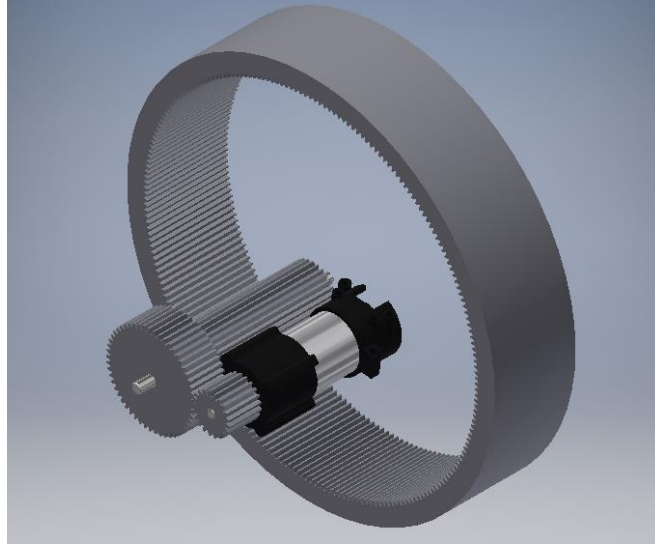


Рисунок 24. 3D-модель зубчатой передачи

В соответствии с полученной моделью создадим модели каждой отдельной шестерни и зубчатых колес. Это необходимо для дальнейшей их печати на 3D-принтере. Результаты представлены на рисунках 25, 26. На рисунке 27 представлено то, как будет выглядеть зубчатое зацепление в собранном виде.

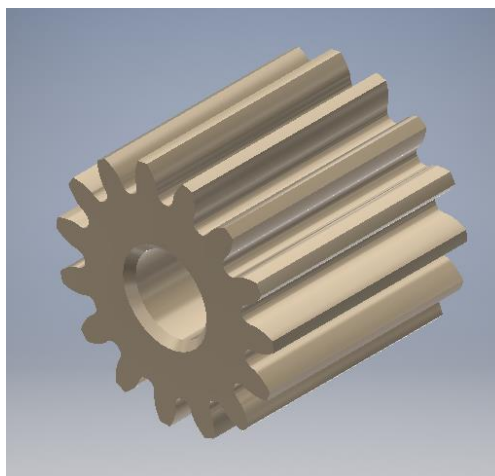


Рисунок 25. Зубчатое колесо

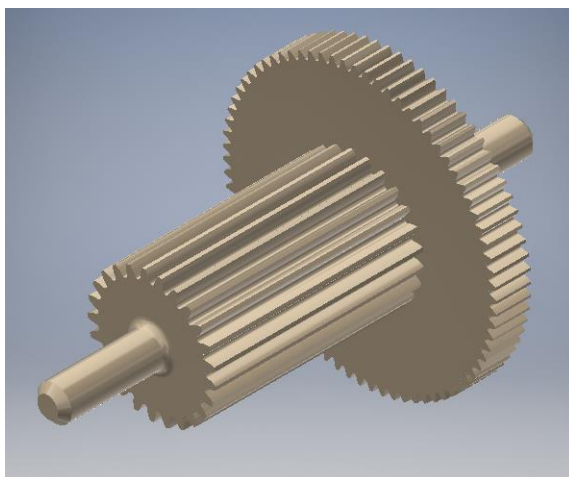


Рисунок 26. Зубчатое колесо и шестерня 2 с ободом колеса

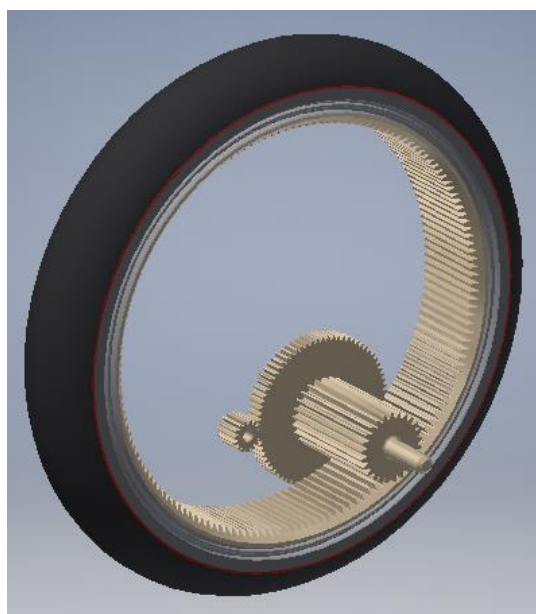


Рисунок 27. Сборочная 3D-модель зубчатой передачи

Подробное описание и графическое представление разработанной 3D-модели представлено на сборочном чертеже в приложении А. Его описание находится в пункте 9.1 Сборочный чертёж раздела 9 Конструкторская документация.

9. Конструкторская документация

Электрическая принципиальная схема электрической части системы стабилизации «Моноколеса» представлена в приложении А, сборочный чертёж в приложении Б.

Перечень элементов, входящих в состав электрической принципиальной схема, в соответствии с ГОСТ 2.702-75 ЕСКД [44], также представлен в приложении Б.

На принципиальной схеме системы стабилизации изображены:

- микроконтроллер Arduino Freeduino;
- драйвер L293D;
- гироскоп L3G4200;
- акселерометр ADXL345;
- энкодер;
- два преобразователя логических уровней Level Shifter 1 и 2;
- двигатель постоянного тока DC Motor 16002.

На сборочном чертеже изображён редуктор «Моноколеса» и само колесо. Чертёж выполнен в масштабе 1:2 в соответствии с ГОСТ 2.109-73 ЕСКД

9.1 Сборочный чертёж

Сборочный чертёж 3D-модели транспортного средства типа «Моноколесо» представлено в приложении А.

Чертёж включает в себя колесо – движитель транспортного средства, и две шестерни редуктора, необходимые для выработки необходимого момента вращения.

Редуктор состоит из двух ступеней – тихоходной и быстроходной. Тихоходная ступень состоит из зубчатого колеса 1 и 2. Быстроходная ступень состоит из зубчатых колёс 3 и 4. Стоит отметить, что шестерня тихоходной ступени (колесо 2) и ведущее колесо быстроходной (колесо 3) совмещены в одной детали.

Зубчатые колёса 1, 2 и 3 имеют внешнее зубчатое зацепление, в то время как основное колесо 4 имеет внутреннее зацепление.

На торце колеса 4 сделан паз, который необходим для крепления корпуса «Моноколеса». Подробно паз представлен на выносном виде А в масштабе 2:3.

9.2 Принципиальная электрическая схема

Принципиальная электрическая схема представлена в Приложении Б. Схема включает в себя три датчика: гироскоп, акселерометр, энкодер, предназначенные для получения информации о положении моноколеса в пространстве, микроконтроллер Arduino Freeduino, драйвер для двигателя постоянного тока и сам двигатель DC Motor 16002. Электрическая схема, размеры УГО в электрических схемах и перечень элементов выполнены согласно ГОСТ 2.7012008 [45].

В качестве источника питания для двигателя и микроконтроллера используется постоянное напряжение плюс +12 В. Датчики гироскоп и акселерометр питаются от микроконтроллера напряжением 3.3 В. Энкодер питается от напряжения 5 В. Выводы VCC 1 – питание микроконтроллера, VCC 2 – питание гироскопа, VCC 3 – питание акселерометра, VS – питание драйвера двигателя. Выводы GND – заземление (все выводы GND подключаются к земле).

Согласование логических уровней датчиков и микроконтроллера на преобразователях логических уровней Level Shifter 1 и 2. LV – выводы подключаются к датчикам, HV – выводы подключаются к микроконтроллеру. Также на преобразователь подаётся питание 3.3 В и 5 В.

Передача данных между датчиками и микроконтроллером осуществляется по SPI интерфейсу. SCL – это последовательный тактовый сигнал, подключается к выводу 13 D, SDA – выход ведущего/вход ведомого – служит для передачи данных от ведущего устройства к ведомому, подключается к выводу 12 D, SDO – это вход ведущего/выход ведомого – служит для передачи данных от ведомого устройства ведущему, подключается

к вывод 11 D, CS – сигнал, активация которого приводит к выбору ведомого устройства [46]. CS гироскопа подключается к выводу 7 D, акселерометра подключается к выводу 8 D. Выводы А и В энкодера подключаются к пинам 4 D и 2 D соответственно.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е21	Дмитриеву Илье Олеговичу

Институт	кибернетики	Кафедра	ИКСУ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчёт стоимости ресурсов НИ осуществляется по методическому указанию соответствующего раздела ВКР.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расходование ресурсов осуществляется в соответствии с установленными нормами НИ ТПУ и ФЗ РФ от 2015 г.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставки налогов, дисконтирования и кредитования соответствуют ФЗ РФ от 2015 г.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка составляется на основе карты сегментирования рынка, анализа конкурентных решений с использованием технологии QuaD и SWOT-анализа.
2. Формирование план-графика разработки и внедрения ИР	Для формирования план-графика используется диаграмма Ганта составленная на основе оценки трудоёмкости и структуры работ.
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР.	Проводится на основе оценки рынка, актуальности разработки и перспективности её реализации.
4. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Бюджет НИИ формируется на основе шести статей включающих материальные затраты НИИ, основную и дополнительную з/п исполнителей, отчисления, контрагентные и накладные расходы.
5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Эффективность НИ определяется на основе интегральных показателей и сравнительной эффективности исполнений ИР.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хаперская Алёна Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е21	Дмитриев Илья Олегович		

Введение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Задачами данного исследования являются:

- Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- Определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- Планирование научно-исследовательских работ;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

В данной работе будет рассматриваться учебная модель персонального электрического транспортного средства типа «Моноколесо».

1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время в высших учебных заведениях недостаточно изучают экологические электрические транспортные средства. По этой причине, разрабатывается учебная модель электрического транспортного средства типа «Моноколесо». Сегментируем рынок видов учебных моделей по следующим критериям: учёная степень обучающегося и стоимость продукта. Карта сегментирования представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Карта сегментирования по разработке учебной модели электрического транспортного средства типа «Моноколесо»

Параметр		Виды учебных моделей		
		Транспортные средства	Станки	Манипуляторы
Учёная степень	Бакалавр			
	Магистр			
	Аспирант			
Стоимость	Высокая			
	Средняя			
	Низкая			

Из таблицы видно, что основными сегментами являются магистры и бакалавры компании, а также средняя стоимость продукта. Следовательно, наиболее перспективным сегментом является учебная модель электрического транспортного средства.

1.2 Анализ конкурентных технических решений

Проведем анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения с помощью оценочной карты, которая приведена в таблицы 5.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение качества обучения (производительности труда)	0,09	4	3	4	0,36	0,27	0,36
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,04	5	4	5	0,20	0,16	0,20
3. Помехоустойчивость	0,06	4	4	4	0,24	0,24	0,24
4. Энергоэкономичность	0,06	5	5	3	0,30	0,30	0,18
5. Надежность	0,10	4	4	3	0,40	0,40	0,30
6. Уровень шума	0,04	3	4	4	0,12	0,16	0,16
7. Безопасность	0,12	5	5	5	0,60	0,60	0,60
10. Простота эксплуатации	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	4	5	4	0,24	0,30	0,24
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	2	4	3	0,14	0,28	0,21
3. Цена	0,08	5	4	4	0,40	0,32	0,32
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	4	4	2	0,16	0,16	0,08
5. Послепродажное обслуживание	0,03	3	2	5	0,09	0,06	0,15
6. Финансирование научной разработки	0,03	4	2	4	0,12	0,06	0,12
7. Срок выхода на рынок	0,04	5	3	3	0,20	0,12	0,12
Итого	1	Суммарная оценка			4,20	4,06	3,84

Б_ф – учебная модель персонального электрического транспортного средства типа «Моноколесо». Б_{к1} – учебная модель SINGLE-WHEEL ROBOT (Польша). Б_{к2} – учебная модель One-Wheel Mobile Robot (Корея).

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле 1:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Преимущество перед конкурентами: программный продукт удобен в эксплуатации, адаптирован к двум предметным областям.

Коэффициент конкурентоспособности предприятия:

$$k_{\text{кк}} = \frac{K_{\text{ф}}}{K_{\text{к1}}} = \frac{\left(\frac{4,20}{4,06} + \frac{4,20}{3,84}\right)}{2} = 1,064.$$

$k_{\text{кк}} > 1$, следовательно, предприятие конкурентоспособно.

1.3 Технология QuaD

Для гибкого измерения характеристик, которые описывают качество новой разработки и ее перспективность на рынке, воспользуемся технологией QualityADvisor. В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценим экспертным путем по сто бальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений по технологии QuaD представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,08	50	100	0,50	0,0400
2. Помехоустойчивость	0,06	40	100	0,40	0,0240
3. Надежность	0,1	45	100	0,45	0,0450
4. Уровень шума	0,07	45	100	0,45	0,0315
5. Безопасность	0,12	70	100	0,70	0,0840

6. Эргономичность (удобство эксплуатации)	0,05	60	100	0,60	0,0300
7. Простота эксплуатации	0,05	70	100	0,70	0,0350
8. Качество интеллектуального интерфейса	0,06	45	100	0,45	0,0270
9. Ремонтопригодность	0,04	40	100	0,40	0,0160
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
10. Конкурентоспособность продукта	0,06	50	100	0,50	0,0300
11. Уровень проникновения на рынок	0,04	25	100	0,25	0,0100
12. Перспективность рынка	0,04	50	100	0,50	0,0200
13. Цена	0,7	60	100	0,60	0,4200
14. Послепродажное обслуживание	0,05	45	100	0,45	0,0225
15. Финансовая эффективность научной разработки	0,07	45	100	0,45	0,0315
16. Срок выхода на рынок	0,04	40	100	0,40	0,0160
Итого	1				0,883

Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности рассчитаем по формуле 2:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (2)$$

где B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

В результате расчета получили значение $P_{cp} = 88,3\%$, следовательно, разработка считается перспективной.

1.4 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, проведем SWOT-анализ, который состоит из определения сильных, слабых сторон проекта, его возможностей и угроз (таблица 7).

Таблица 7 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие технического задания.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки
--	--	--

	<p>C2. Экологичность технологий.</p> <p>C3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>C4. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>C5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Сл2. Отсутствие унифицированных деталей.</p> <p>Сл3. Отсутствие опыта работы персонала в данной области.</p> <p>Сл4. Наличие спорных правовых актов.</p> <p>Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемые при проведении научного исследования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1. Использование инновационной инфраструктуры НИ ТПУ</p> <p>V2. Использование новых технологий, ускоряющих процесс производства.</p> <p>V3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>V4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях</p> <p>V5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>V1C3C5; V2C2C3; V3C2C3; V4C2C4; V5C3.</p>	<p>V2Сл1Сл2Сл3Сл5; V3Сл2Сл5; V4Сл2Сл5; V5Сл1Сл3.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У3. Ограничения на внедрение технологии</p> <p>У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>У1C2C3; У2C3; У4C1; У5C3C4.</p>	<p>У1Сл2Сл4Сл5; У2Сл3Сл4Сл5; У3Сл1Сл2Сл4; У4Сл1Сл2; У5Сл3.</p>

Для более четкого понимания взаимосвязей в таблице SWOT-анализ реализуем интерактивные матрицы проектов (таблица 8-11).

Таблица 8 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта ⁹						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	+	0	+
	B2	-	+	+	-	-
	B3	-	+	+	-	-
	B4	-	+	-	+	-
	B5	-	-	+	-	-

Таблица 9 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	0	-	0	-
	B2	+	+	+	-	+
	B3	-	+	-	-	+
	B4	-	+	-	-	+
	B5	+	0	+	0	-

Таблица 10 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	+	-	-
	У2	-	-	+	-	-
	У3	-	-	0	-	-
	У4	+	-	-	-	0
	У5	0	-	+	+	-

Таблица 11 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	+	-	+	+
	У2	0	-	+	+	+
	У3	+	+	0	+	-
	У4	+	+	-	-	-
	У5	-	-	+	0	-

2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения возможных альтернатив при проведении научного исследования воспользуемся морфологическим методом. Составим

морфологическую матрицу для определения морфологических характеристик объекта исследования (таблица 12).

Таблица 12 – Морфологическая матрица для системы управления рисками

	1	2	3	4	5	6
А. Двигатель	ДПТ	Бесколлекторный (вентильный) ДПТ	Асинхронный двигатель	Синхронные	без двигателя	
Б. Движитель	колесо	колесо низкого давления	гусеница	шнек	конечности	без движителя
В. Конфигурация (форма)	открытого типа	закрытого типа				
Г. Датчики	акселерометр	гироскоп	датчик скорости	энкодер	без датчиков	
Д. Тип аккумулятора (батареи)	Свинцово-кислотный	Литий-ионный	Литий-полимерный	Алюминий-ионный	без аккумулятора	
Е. Индикаторы уровня заряда	Диод	Экран	Сигнал	без индикатора		
Ж. Запуск	Смартфон (приложение)	кнопка	Дистанционно с пульта			
З. Поверхность передвижения	Земля	Асфальт	Трава	Песок	Гравий	щебень
И. Погодные условия	Ясно	Дождь	Снег	Град	Ветер	

4. Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений.

- 1) А2Б1В1Г(124)Д2Е1Ж2З2И1 – используется бесколлекторный двигатель постоянного тока, приводящий в движение колесо открытого типа, управление которым осуществляется с помощью датчиков: гироскопа, акселерометра и энкодера. Питание поступает от литий-ионной батареи, уровень заряда которой определяется по яркости диода. Запуск «Моноколеса» осуществляется с помощью кнопки. Передвигаться может по асфальту в ясную погоду.

- 2) A2B1B1Г(124)Д2Е1Ж2З1И2 – используется бесколлекторный двигатель постоянного тока, приводящий в движение колесо открытого типа, управление которым осуществляется с помощью датчиков: гироскопа, акселерометра и энкодера. Питание поступает от литий-ионной батареи, уровень заряда которой определяется по яркости диода. Запуск «Моноколеса» осуществляется с помощью кнопки. Передвигаться может по земле в дождь.
- 3) A1B1B1Г(124)Д3Е3Ж2З2И2 – используется двигатель постоянного тока, приводящий в движение колесо открытого типа, управление которым осуществляется с помощью датчиков: гироскопа, акселерометра и энкодера. Питание поступает от литий-полимерной батареи, уровень заряда которой определяется по яркости диода. Запуск «Моноколеса» осуществляется с помощью кнопки. Передвигаться может по асфальту в дождь.

3 Планирование научно-исследовательских работ

3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Группа участников состоит из студента и руководителя. Для выполнения научного исследования сформирован ряд работ, назначены должности исполнителя для каждого этапа работы (таблица 13).

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы, Студент
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Проведение патентных исследований	Студент
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, Студент
	5	Календарное планирование работ по теме	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент

	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
	9	Корректировка модели, расчётов	Руководитель, Студент
	10	Утверждение модели и теоретических обоснований	Руководитель
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Студент
	12	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	13	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Студент
	14	Выбор и расчет конструкции	Студент
	15	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель, Студент
	16	Оформление заявки на получение финансирования проекта	Руководитель, Студент
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	17	Закупка необходимого оборудования и материалов	Студент
	18	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	Студент
	19	Лабораторные испытания макета	Руководитель, Студент
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	20	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент
	21	Оформление патента	Руководитель, Студент

3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости работ будем использовать такие показатели как ожидаемое значение трудоемкости, продолжительность каждой работы, продолжительность выполнения i – ой работы в календарных днях, коэффициент календарности.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула 3:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (3)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (формула 4).

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{\mathcal{C}_i}, \quad (4)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

\mathcal{C}_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни (формула 5).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле 6:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности: $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 119) = 1,48$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожсi}$, чел-дни			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2						
Составление и утверждение технического задания	25	20	35	30	29,0	24,0	2	2	14,5	12,0	21,46	17,76
Подбор и изучение материалов по теме	5	5	7	7	5,8	5,8	1	1	5,8	5,8	8,58	8,58
Проведение патентных исследований	3	3	5	5	3,8	3,8	1	1	3,8	3,8	5,62	5,62
Выбор направления исследований	3	3	5	5	3,8	3,8	2	2	1,9	1,9	2,81	2,81
Календарное планирование работ по теме	3	3	5	5	3,8	3,8	1	1	3,8	3,8	5,62	5,62
Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	3	7	5	5,8	3,8	1	1	5,8	3,8	8,58	5,62
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	7	7	6	6	6,6	6,6	1	1	6,6	6,6	9,77	9,77
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	5	5	6	6	5,4	5,4	1	1	5,4	5,4	7,99	7,99
Корректировка модели, расчётов	2	2	3	3	2,4	2,4	2	2	1,2	1,2	1,78	1,78
Утверждение модели и теоретических обоснований	1	1	2	2	1,4	1,4	1	1	1,4	1,4	2,07	2,07
Оценка эффективности полученных результатов	1	1	2	3	1,4	1,8	2	2	0,7	0,9	1,04	1,33
Определение целесообразности проведения ОКР	1	1	2	2	1,4	1,4	1	1	1,4	1,4	2,07	2,07

	Название задачи	Длительн	Начало	Окончание	Пред
1	Процесс работы	204 дней	Пн 24.08.15	Чт 02.06.16	
2	Составление и утвержд	35 дней	Пн 24.08.15	Пт 09.10.15	
3	Подбор и изучение ма	7 дней	Пт 09.10.15	Вт 20.10.15	2
4	Проведение патентны	5 дней	Вт 20.10.15	Вт 27.10.15	3
5	Выбор направления и	5 дней	Вт 27.10.15	Вт 03.11.15	4
6	Календарное планиро	5 дней	Вт 03.11.15	Вт 10.11.15	5
7	Проведение теоретиче	7 дней	Вт 10.11.15	Чт 19.11.15	6
8	Построение макетов (и	6 дней	Чт 19.11.15	Пт 27.11.15	7
9	Сопоставление резуль	6 дней	Пт 27.11.15	Пн 07.12.15	8
10	Корректировка модел	3 дней	Пн 07.12.15	Чт 10.12.15	9
11	Утверждение модели	2 дней	Чт 10.12.15	Пн 14.12.15	10
12	Оценка эффективности	2 дней	Пн 14.12.15	Ср 16.12.15	11
13	Определение целесоо	2 дней	Ср 16.12.15	Пт 18.12.15	12
14	Разработка блок-схем	6 дней	Пт 18.12.15	Пн 28.12.15	13
15	Выбор и расчет конст	7 дней	Пн 28.12.15	Ср 06.01.16	14
16	Оценка эффективности	4 дней	Ср 06.01.16	Вт 12.01.16	15
17	Оформление заявки на	13 дней	Вт 12.01.16	Пт 29.01.16	16
18	Закупка необходимого	45 дней	Пт 29.01.16	Пт 01.04.16	17
19	Конструирование и из	15 дней	Пт 01.04.16	Пт 22.04.16	18
20	Лабораторные испыта	5 дней	Пт 22.04.16	Пт 29.04.16	19
21	Составление поясните	4 дней	Пт 29.04.16	Чт 05.05.16	20
22	Оформление патента	20 дней	Чт 05.05.16	Чт 02.06.16	21

Рисунок 28. Данные к диаграмме Ганта

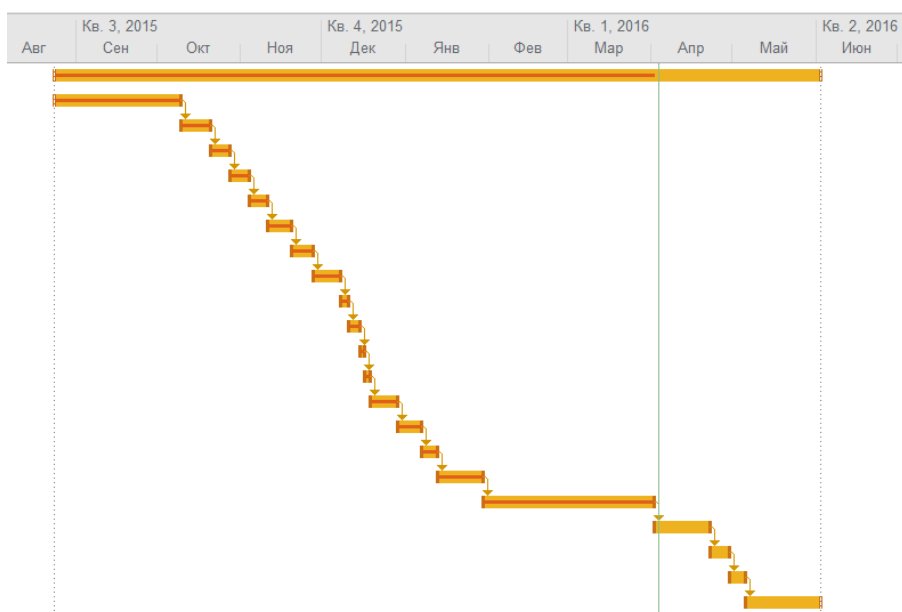


Рисунок 19. Диаграмма Ганта

3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением проекта. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой 7:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхи} , \quad (7)$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Для разработки данного научного проекта необходимы следующие материальные ресурсы: двигатель, гироскоп, акселерометр, аккумуляторная батарея, корпус, колесо, шестерни зубчатой передачи, смазывающие материалы, ноутбук, мышь (таблица 15).

Таблица 15 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, (З _м), руб.	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.1
DC Motor 16002	Шт.	1	1	6219.48	6219.48	6219,48	6219,48
Гироскоп L3G4200D		1	1	103.78	103.78	103,78	103,78
Акселерометр Triple Axis Accelerometer ADXL345		1	1	209.17	209.17	209,17	209,17
Аккумулятор DC-168		1	1	856,67	856.67	856,67	856,67

Корпус		1	1	150,00	200,00	150,00	200,00
Колесо		1	1	200,00	300,00	200,00	300,00
Шестерни зубчатой передачи		3	3	50,00	100,00	150,00	100,00
Смазывающие материалы		1	1	249,00	249,00	249,00	249,00
Ноутбук		1	1	15999,00	15999,00	15999,00	15999,00
Мышь		1	1	349,00	349,00	349,00	349,00
Итого:						24486,10	24586,10

3.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату (формула 8):

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (8)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 9:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}}, \quad (9)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $М=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $М=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

при отпуске в 72 раб. дней $М=9,6$.

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 16).

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	119	119
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48	72
- отпуск		
- невыходы по болезни		

Действительный годовой фонд рабочего времени	198	174
--	-----	-----

Месячный должностной оклад работника (формула 10):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (10)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	Тр.раб. дн.		$З_{\text{осн}}$,руб.	
					Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Руководитель	1530,50	1,3	1989,65	104,50	46	48	4807,00	5016,00
Студент	1000,00	1,3	1300	71,70	204	192	14626,80	13766,40
Итого:							19433,80	18782,00

3.4.3 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле 11:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$k_{\text{доп}}$ равен 0,12. Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 18.

Таблица 18 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата(руб.)		Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{\text{доп}}$)	Дополнительная зарплата(руб.)	
	Исп.1	Исп.2		Исп.1	Исп.2
Руководитель	4807,00	5016,00	0,12	576,84	601,92
Студент 1	14626,80	13766,40	0,12	1755,22	1651,97
Итого:				2332,06	2253,88

3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 12:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2015 г., в соответствии с Федеральным законом, от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.		Дополнительная заработная плата, руб.	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Руководитель проекта	4807,00	5016,00	576,84	601,92
Студент 1	14626,80	13766,40	1755,22	1651,97
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%			
Итого				
Исполнение 1	5898,55			
Исполнение 2	5700,72			

По таблице видно, что на исполнение 1 потратиться 5898,55, а на исполнение 2 – 5700,72 руб.

3.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Их величина определяется по формуле 13:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов равна 16%.

Исполнение 1: $52150,51 \cdot 0,16 = 8433,08$ руб.

Исполнение 2: $45621,98 \cdot 0,16 = 7299,52$ руб.

3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Исп.1	Исп.2
1. Материальные затраты НТИ	24486,10	24586,10
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	19433,80	18782,00
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	2332,06	2253,88
4. Отчисления во внебюджетные фонды	5898,55	5700,72
5. Накладные расходы	8433,08	7229,52
Бюджет затрат НТИ	60583,59	58552,22

В результате полученных данных в пунктах 3.4.1 – 3.4.6, был рассчитан бюджет затрат научно-исследовательской работы для двух исполнителей. Наиболее низким по себестоимости оказался проект второго исполнителя, затраты на его полную реализацию составляют 58552,22 рублей.

4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения интегрального показателя эффективности научного исследования необходимы показатели финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как (формула 14):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Рассчитаем интегральный финансовый показатель:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{60583,59}{60583,59} = 1;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{58552,22}{60583,59} = 0,97.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом (формула 15):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 21).

Таблица 21 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,10	5	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	4
4. Энергосбережение	0,25	4	4
5. Надежность	0,25	5	5
6. Материалоемкость	0,10	4	5
Итого:	1	4,50	4,35

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 16:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}}, \quad (16)$$

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-сип.1}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{4,5}{1} = 4,5;$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-сип.2}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{4,35}{0,97} = 4,48.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность

проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp} , формула 17):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}, \quad (17)$$

Сравнительная эффективность разработки, представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,97
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	4,48
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,004	0,995

Вывод

В результате проведения исследования по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» определили показатели затрат научно-исследовательской работы. Бюджет затрат НТИ исполнения 1 равен 60583,59, для исполнения 2 составил 58552,22 рублей. Наименее затратным является первый исполнитель при реализации проекта. По проведённой сравнительной оценке, наиболее эффективным является первый исполнитель.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8E21	Дмитриеву Илье Олеговичу

Институт	Институт кибернетики	Кафедра	ИКСУ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Рабочим местом является аудитория №027 10 корпуса НИ ТПУ. В аудитории рабочей зоной является место за персональным компьютером, предназначенное для выполнения работы. Технологический процесс представляет собой математические расчёты, моделирование и проектирование учебной модели электрического транспортного средства типа «Моноколесо». Данный технологический процесс относится к числу единичных. Основным оборудованием, на котором производится работа, является персональный компьютер с периферийными устройствами.</i>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	<i>Анализ вредных факторов:</i> <ul style="list-style-type: none"> – повышенный уровень шума; – повышенный уровень вибрации; – недостаточная освещённость рабочей зоны; – повышенные электромагнитные излучения; – повышенная напряжённость электрического поля; – недостаточная влажность воздуха.
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	<i>Анализ выявленных опасных факторов:</i> <ul style="list-style-type: none"> – химические вещества, проникающие в организм человека через органы дыхания; – повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; – повышенная температура поверхностей оборудования, материалов (паяльная станция).
2. Экологическая безопасность	<i>Воздействие объекта на гидросферу не происходит.</i> <i>В работе проведён анализ воздействия на литосферу (образование отходов при поломке ПК, отходов при пайке) и атмосферу рабочей зоны помещения.</i>

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<i>В аудиторном помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар (возгорание).</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<i>Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется в СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.02.2016 г.
---	----------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	И. Л. Мезенцева	-		15.03.2016 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е21	Дмитриев Илья Олегович		15.03.2016 г.

Введение

В данном разделе объектом исследования является учебная модель электрического транспортного средства типа «Моноколесо» и оборудование на рабочем месте специалиста (студента), осуществляющего разработку. Конечное устройство представляет из себя совокупность электрической и механической частей, а также программного обеспечения. Предполагается, что проектирование устройства, а также разработка программного обеспечения осуществляется в закрытом, отапливаемом и вентилируемом помещении, на рабочем месте, оснащённом персональным компьютером и паяльной станцией со средствами, предназначенными для пайки.

1 Профессиональная социальная безопасность

Проектируемое «Моноколесо» представляет собой учебную модель реального транспортного средства, но отличается от него размерами, типом конструкции, используемыми материалами. Однако, также как и реальное транспортное средство, прототип обладает множеством опасных и вредных факторов, которые могут возникнуть как от самого объекта исследования, так и в процессе его проектирования.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 выделены основные вредные факторы, которые представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Основные и вредные факторы при выполнении проектирования учебной модели электрического транспортного средства типа «Моноколесо» [47]

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работы с компьютером: 1) 3D-моделирование; 2) написание алгоритма управления;	1) Повышенный уровень шума на рабочем месте; 2) Повышенный уровень вибрации;	1) Химические вещества, проникающие через органы дыхания человека;	1) Уровень шума и защита от него СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [48]; ГОСТ 12.1.003-83 [49]; 2) Уровень вибрации СН 2.2.4/2.1.8.566 [50]; ГОСТ 26568 [51];

3) моделирование работы моноколеса; 4) тестирование алгоритма. Работа с паяльной станцией: 1) пайка системы стабилизации; 2) пайка системы управления.	3) Недостаточная освещённость рабочей зоны; 4) Повышенный уровень статического электричества; 5) Повышенный уровень электромагнитных излучений; 6) Повышенная или пониженная влажность воздуха.	2) Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; 3) Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.	3) Освещённость рабочей зоны СП 52.13330.2011 [52]; СанПиН 2.2.2/2.4.1340 [53]; ГОСТ Р 50377-92 (МЭК 950-86) [54]; ПОТ Р М-020-2001 [55]; 4) Уровень статического электричества СанПиН 2.2.4.1191–03 [56]; 5) Уровень электромагнитных излучений СанПиН 2.2.4.1191–03 [57]; 6) Влажность воздуха. Микроклимат СанПиН 2.2.4.548 – 96 [58]; 7) Химические вещества. ГН 2.2.5.1313-03 [59]; 8) Электрический ток, напряжение электрической цепи ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ [60]; 9) Температура поверхностей оборудования Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 [61].
--	--	--	---

На основе таблицы 23 рассмотрим каждый вредный и опасный фактор.

1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

1.1.1 Повышенный уровень шума

Объект исследования представляет собой модель транспортного средства в которой вращающий момент от двигателя к колесу передаётся за счёт двухступенчатого редуктора. Основным вредным фактором редукторов является повышенный уровень шума, возникающий при взаимодействии зубьев шестерней.

Такой шум является широкополосным, непостоянным, прерывистым согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [48].

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 [49], эквивалентный уровень шума в рабочем помещении, предназначенном для научной деятельности,

конструирования и проектирования, программирования не должен превышать 50 дБА (таблица 24).

Таблица 24 – Эквивалентные уровни звука для проектно-конструкторских бюро, лабораторий для теоретических работ [49]

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Эквивалентные уровни шума, дБА
Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в травмопунктах	50

Для обеспечения допустимого уровня шума необходимо использовать смазывающие масла, пасты или гели, а также использовать материалы с звукопоглощающими прокладками. К ним относят древесноволокнистые плиты, изделия из пористого полиэтилена, тканевые прокладки.

1.1.2 Повышенный уровень вибрации

Проектируемое изделие в своей конструкции имеет элементы, которые могут обладать повышенной вибрацией, а именно редуктор, который передаёт вращающий момент от двигателя к колесу.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.566 [50] вибрации по способу воздействия на человека классифицируются следующим образом:

По способу передачи на человека – это локальная вибрация, передающаяся через руки человека так как она возникает в результате вращения подвижных частей модели и передаётся через руки, ноги и предплечья.

По источнику возникновения вибрация от «Моноколеса» относится к локальной вибрации, передающаяся человеку от ручного механизированного инструмента (с двигателями), органов ручного управления машинами и

оборудованием. Другими словами, вибрация передаётся человеку от моноколеса в момент управления им.

По временным характеристикам данные вибрации относятся к непостоянным вибрациям, так как изделие постоянно изменяет скорость вращения колеса. Для таких вибраций величина нормируемых параметров изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 10 мин при измерении с постоянного времени 1 с, в том числе:

а) колеблющиеся во времени вибрации, для которых величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;

б) прерывистые вибрации, когда контакт человека с вибрацией прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1 с;

в) импульсные вибрации, состоящие из одного или нескольких вибрационных воздействий (ударов), каждый длительностью менее 1 с.

Для того, чтобы учебная модель соответствовала установленным стандартам вибрации, возникающие от колеса нормируются и оцениваются следующими методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Нормируемый диапазон частот устанавливается в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц.

Для того, чтобы уменьшить количество вибраций использовать средства виброгашения или виброизоляции, состоящие из полимерных или волокнистых материалов [50].

1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований.

1.2.1 Недостаточная освещённость рабочей зоны

Во время работы за ПК рабочее пространство освещается искусственным и естественным светом. Источниками естественного света являются материальные объекты и явления, в свойства которых входит испускание видимого света. К искусственным источникам света относят технические приборы, конструкции, которые посредством преобразования энергии излучают видимый свет.

Естественный свет должен падать преимущественно слева, а искусственное освещение должно распределяться равномерно. Как правило, источники искусственного освещения располагаются на потолке в несколько рядов и состоят из ламп накаливания или люминесцентных ламп. Рекомендуется использовать люминесцентные источники света, так как они имеют спектральный состав близкий к естественному свету, а также больший срок службы, чем лампы накаливания.

Нормативные показатели освещения для аудиторий высшего образовательного учреждения, оборудованных ПК представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Нормативные показатели освещения для аудиторий высшего образовательного учреждения, оборудованных ПК [51]

Искусственное освещение	Освещенность рабочих поверхностей, лк	При комбинированном освещении	500/300
		При общем освещении	400
	Цилиндрическая освещенность, лк		-
	Объединенный показатель дискомфорта UGR, не более		14
	Коэффициент пульсации освещенности, не более		10
Естественное освещение	КЕО, %	При верхнем или комбинированном освещении	3,5
		При боковом освещении	1,2

Совместное освещение	КЕО, %	При верхнем или комбинированном освещении	2,1
		При боковом освещении	0,7

Требования к освещению рабочих мест, оборудованных ПК представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК [52]

Освещенность на рабочем столе	300–500 лк
Освещенность на экране ПК не выше	300 лк
Блики на экране не выше	40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости не более	20
Показатель дискомфорта не более	15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации	не более 5%

Для обеспечения нормируемых значений освещенности следует проводить влажную уборку светильников и стекол не реже чем два раза в год, а также своевременно менять вышедшие из строя лампы [52].

Для работы с паяльной станцией предъявляются более высокие требования, так как такая она имеет разряд 3-Б [53]. Рекомендуемые показатели освещения при пайке представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Рекомендуемые показатели освещения при пайке [54]

Освещенность, лк		Показатель ослепленности	Коэффициент пульсации, %, не более
Комбинированное освещение	Общее освещение		
1250	400	40	10/15

1.2.2 Повышенные электромагнитные излучения; повышенная напряжённость электрического поля

Источником повышенного уровня электромагнитных излучений и повышенной напряженности электрического поля на рабочем месте является персональный компьютер. Время работы за ПК для учащихся высших учебных заведений составляет 2 часа с учетом перерывов между двумя академическими часами 15–20 минут (согласно санитарным нормам). Также рекомендуется через каждые 20–25 минут работы с ПК делать упражнения для глаз [52].

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений [52]

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	10 В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать: – для взрослых пользователей; – для детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений	20 кВ/м 15 кВ/м

Предельно-допустимые нормы ЭМП представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Предельно допустимые нормы ЭМП [52]

Напряжённость электрического	
поля в диапазоне частот 5 Гц–2 кГц	25 В/м
в диапазоне частот 2 кГц–400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	
в диапазоне частот 5 Гц–2 кГц	250 нТл
в диапазоне частот 2 кГц–400 кГц	25 нТл

Ряд мероприятий, позволяющих уменьшить влияние вредных факторов на работника при работе за ПК:

- каждые 20-25 минут делать упражнения для глаз;

- каждый час делать перерыв минимум 15 минут;
- во время перерывов делать физкультурную паузу 3- 4 минуты для снятия напряжения и локальной усталости.

Для снижения негативного воздействия излучения от ПК, рекомендуется использовать мониторы с низким уровнем излучения (MPR-II, TCO-92, TCO-99), а также защитные очки. При работе с ПК необходимо отрегулировать монитор так, чтобы он находился немного выше уровня глаз – это способствует разгрузке наиболее напряженных групп мышц.

1.2.3 Недостаточная влажность воздуха

Источником недостаточной влажности воздуха может служить отсутствие вентиляционной системы, отопительная система, отсутствие кондиционера или возможности проветривания помещения.

Для создания благоприятного и комфортного микроклимата на рабочем месте необходимо обеспечить оптимальные значения влажности воздуха. Согласно СанПиН 2.2.4.549-96 [55] оптимальные величины показателей микроклимата представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [55]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	60-40	0,1
Тёплый	Ia (до 139)	23-25		0,1

Выполняемые работы по уровню энергозатрат попадают под категорию Ia.

Для поддержания данных параметров следует помещение оснащать системами вентиляции, отопления, увлажнителями воздуха; планировку помещений делают так, чтобы используемое оборудование и перегородки не

мешали свободной циркуляции воздуха. Также ежедневно проводят влажную уборку и проветривание.

1.2.4 Химические вещества, проникающие в организм человека через органы дыхания

При работе с паяльной станцией образуются вещества, негативно влияющие на организм человека и окружающую среду: пары свинца при нагреве металла свыше 500 °С; пары олова при его нагреве свыше 232 °С.

Предельно-допустимые концентрации веществ в воздухе приведены в таблице 31.

Таблица 31 – ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны [56]

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Особенности действия на организм
Свинцово-оловянный припой	0.05	1	Возникновение болезней органов дыхания, системы кровообращения, мочеполовой системы, кожи и подкожной клетчатки

Во избежание превышения допустимой концентрации паров олова в воздухе, необходимо использовать специальную вытяжку, а также периодически проветривать помещение.

1.2.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека (источник – ПК, паяльная станция)

ПК и паяльная станция являются источниками повышенного значения электрической цепи, замыкание которой может смертельно поразить человека. Поэтому необходимо соблюдать правила электробезопасности во избежание поражения электрическим током, статическим электричеством, электрической дугой.

Перед началом работы следует убедиться, что все электрические приборы и электрооборудование исправно и подлежит эксплуатации. Кроме того, необходимо проверить целостность всех проводов и контактов (вилки),

убедиться в том, что на рабочем месте нет проводов, свисающих со стола или висящих под столом, оголённых и неизолированных.

Обязательным условием является наличие защитного заземления, так как при работе с ним могут возникнуть наводки статического электричества. При прикосновении к таким элементам может произойти разряд статического электричества. Обычно, такие разряды не представляют опасности для человека, однако могут вывести из строя электрооборудование, в частности ПК.

В качестве дополнительной защиты от статического электричества необходимо делать влажную уборку или использовать увлажнители воздуха.

Допустимый ток частотой 50 Гц при длительности воздействия более 10 секунд составляет 2 мА, а при длительности 10 секунд и менее – 6 мА. Для переменного тока эта величина соответственно равна 10 и 15 мА. Методы защиты от поражения электрическим током [57]:

- электрическая изоляция токоведущих частей (сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм);
- ограждение токоведущих частей, работающих под напряжением; – использование малых напряжений, например, не более 50 В;
- электрическое разделение сетей на отдельные короткие участки;
- защитное заземление;
- применение средств индивидуальной защиты и предупреждающих средств, таких как плакаты и знаки безопасности, изолирующие подставки, указатели напряжения.

1.2.6 Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов (паяльная станция)

Работы, связанные с пайкой и лужением, относятся к огнеопасным работам и выполняются в соответствии с требованиями пожарной безопасности. В данном случае, источником повышенных температур является паяльная станция.

В зависимости от мощности паяльной станции и её предназначения, а также конструктивного исполнения варьируется степень её пожароопасности. Используемая паяльная станция относится к пожарозащищённому электрооборудованию [58].

Для предотвращения пожара необходимо организовать рабочее пространство в соответствии с нормами, указанными в ФЗ от 22.07.2013 г. №123 [59]. Например, на рабочем столе не должны находиться посторонних предметов, мешающих работе сотрудника. Рядом с паяльной станцией не должно находиться никаких огне- и взрывоопасных предметов (менее 5 метров) [59].

Основными опасными факторами при работе с паяльной станцией для человека являются ожоги брызгами расплавленного металла и флюса. Для предотвращения ожогов в процессе работы с паяльником используют индивидуальные средства защиты: защитные очки, рукавицы и фартук.

Такой комплекс мер позволяет обеспечить наиболее безопасную работу с паяльной станцией.

2 Экологическая безопасность

2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Проектируемая учебная модель «Моноколеса» состоит из корпуса, колеса, редуктора и системы управления. Корпус транспортного средства состоит из АБС-пластика (акрилонитрилбутадиенстирола) [60]. Этот материал используется при печати на 3D-принтере.

Система управления собрана на основе микропроцессора, двух датчиков, двигателя и питающей аккумуляторной батареи. Основные химические элементы, которые входят в их состав это:

- Свинцово-оловянный припой – используется для соединения всех токоведущих контактов;
- Диоксид кремния – входит в состав всех микропроцессоров, диодов, транзисторов и других микроэлементов;

- Медь – является основным химическим элементом, из которого изготавливают провода;
- Алюминий – входит в состав микропроцессора и датчиков, а также двигателя;
- Резина – служит изоляцией на проводах и электрических элементах;
- Оксид цинка – является катализатором при пайке;
- Графит, кобальт, литий – входят в состав аккумуляторной батареи;
- Стеклотекстолит – представляет собой слоистый пластик на основе ткани из волокон и полимерного связующего вещества (например, эпоксидной смолы). На его основе собираются все электрические схемы и платы.

Эпоксидная смола – это олигомеры, содержащие эпоксидные группы и способные под действием отвердителей образовывать сшитые полимеры [61].

Стекловолокно (стеклонить) – это волокно сформированное из стекла.

Все вышеперечисленные элементы относятся к различным классам опасности по влиянию на окружающую среду (от 1 до 4) [62].

2.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования.

Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

При проектировании «Моноколеса» используемые в его конструкции материалы в различной степени влияют на атмосферу, гидросферу и литосферу. Также необходимо учесть влияние паяльной станции и персонального компьютера на окружающую среду.

После поломки или завершения срока использования моноколеса, системы его управления или ПК их относят к отходам электронной промышленности. Такие отходы разделяют на однородные компоненты. Компоненты, пригодные для дальнейшего использования, повторно используются в производстве. Например, металлы: алюминий, медь, литий, цинк. Пластмассы и печатные платы переплавляются в отсутствие доступа к воздуху, во избежание токсичных выбросов. Компоненты, не подлежащие

утилизации, переработке или повторному использованию, подлежат захоронению на специальных полигонах или в почве.

В процессе эксплуатации моноколеса требуется учитывать влияние используемых материалов на воздух в рабочей зоне помещения. Все вещества находятся в твёрдом состоянии и обладают низкой способностью влиять на химический состав воздуха. Однако, при нагреве материалов до температур плавления начинается процесс активного взаимодействия с атмосферой.

В соответствии с ГН 2.2.5.1313–03 предельно допустимые концентрации данных веществ представлены в таблице 32 [62].

Таблица 32 – Предельно допустимое содержание веществ в атмосфере [62].

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Свинцово-оловянные припой	0,05	1
Кремний диоксид кристаллический	6/2	3
Медь	1/0,5	2
Алюминий и его сплавы	6/2	3
Резина (2-Метилбута-1,3-диен, олигомеры)	15	4
Оксид цинка	1,5/0,5	2
Литий	0,02	1
Кобальт	0,05/0,01	1
Стеклотекстолит	4	3

Из всех элементов, используемых при проектировании учебной модели, самым легкоплавким является литий – 180,5 °С. Таким образом, требуется не допускать нагрева конструкции колеса выше данной температуры. Это легко достигается при соблюдении правил эксплуатации данного изделия.

При пайке могут возникнуть следующие виды негативного воздействия на окружающую среду: образование паров свинца при нагреве соответствующего металла свыше температуры 500 °С; образование паров олова при его нагреве свыше температуры 232 °С.

Во избежание нагрева припоя и жала паяльника до указанных выше температур, необходимо ознакомиться с техническими характеристиками паяльника. Нагрев до высоких температур может произойти, если

использовать напряжение питания выше, чем указано в паспорте. В таком случае необходимо использовать трансформатор для понижения напряжения питания.

Наиболее простым и безопасным вариантом является использование паяльной станции, поскольку в нее уже встроен трансформатор, при помощи которого можно выбирать желаемую температуру нагрева.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Несоблюдение техники безопасности в процессе эксплуатации учебной модели транспортного средства типа «Моноколесо» может привести к возникновению пожара. Причинами могут быть возгорание микроконтроллера или датчиков, оплавление токоведущих контактов, КЗ в процессе перезарядки аккумуляторной батареи, перегрев смазывающих гелей и жидкостей в редукторе.

3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта

При проектировании «Моноколеса» может возникнуть КЗ в системном блоке компьютера или паяльной станции. В некоторых случаях, при неправильной работе охлаждающей системы ПК может произойти оплавление плат и схем компьютера.

При работе с паяльной станцией может произойти возгорание, по причине нарушения правил техники безопасности. А именно, если нагревательный элемент будет касаться легко воспламеняющихся предметов и поверхностей.

3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Согласно техническому регламенту «О требованиях пожарной безопасности», здание должно соответствовать всем требованиям пожарной безопасности. Оно должно быть оборудовано пожарно-охранной сигнализацией, планами эвакуации при пожаре (рисунок 20), порошковыми огнетушителями и иными средствами тушения пожара, указательными табличками к запасным (эвакуационным) выходам.

Компьютерный класс соответствует категории «В» по пожарной безопасности. В нем присутствуют горючие и трудно-горючие материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг другом только гореть [63]. Данное помещение относится к 3-й степени огнестойкости [64]. Возможными причинами пожара могут быть перегрузка электросети, короткое замыкание и нарушение изоляции электросети.

На каждом этаже должно быть не менее двух переносных огнетушителей, расположенных на видных местах вблизи выходов из помещений. Расположение средств пожаротушения не должно препятствовать эвакуации людей при пожарах.

Для ликвидации возгорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения:

- огнетушащие вещества (вода, песок, земля);
- огнетушащие материалы (асбестовые полотна, металлические сетки с малыми ячейками и т. п.);
- немеханизированные ручные пожарные инструменты (багры, крюки, ломы, лопаты и т. п.);
- пожарный инвентарь (бочки с водой, пожарные ведра, ящики с песком);
- пожарные краны на внутреннем водопроводе противопожарного водоснабжения в сборе с пожарным стволом и пожарным рукавом;
- огнетушители [64].

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется огнетушитель ОУ-2.

Для поддержания огнетушителей в исправном состоянии проверяется масса заряда не реже одного раза в два года. Она находится как сумма массы самого огнетушителя и CO_2 в нем. Масса CO_2 обычно указывается в паспорте либо на бирке огнетушителя. Плановую перезарядку и переосвидетельствование баллона огнетушителя проводят раз в 5 лет.

На рисунке 28 представлен план эвакуации при пожаре и других ЧС.

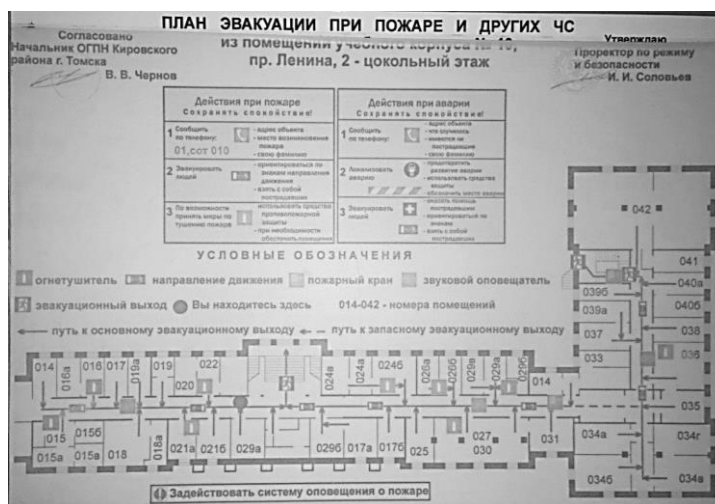


Рисунок 28 – План эвакуации людей при пожаре, нулевой этаж 10 корпуса НИ ТПУ

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Согласно требованиям к организации и оборудованию рабочих мест с ПК для взрослых пользователей, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Высота рабочей поверхности стола должна быть 680-800 мм. Ширина и длина должны составлять 800 – 1400 и 800 – 1000 мм соответственно. Также стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм и глубиной не менее 650 мм [52].

Глубина и ширина сиденья должны быть не менее 400 мм, а передний край иметь закругление. Высота сиденья должна регулироваться в пределах 400–550 мм, а углы наклона должны составлять до 15 градусов вперед и до 5

градусов назад. Высота спинки должна быть 300 ± 20 мм, ширина не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости 400 мм. Угол наклона спинки в вертикальной плоскости должен быть в пределах 260 – 400 мм. Подлокотники должны иметь длину не менее 250 мм и ширину 50 – 70 мм, а также иметь регулировку по высоте над сиденьем в пределах 230 ± 30 мм и регулировку внутреннего расстояния между подлокотниками 350 – 500 мм [52].

Рабочее место за ПК должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм и глубину не менее 400 мм. Кроме того, подставка должна регулироваться по высоте в пределах 150 мм и по углу наклона до 20 градусов. Внешняя сторона подставки должна иметь рифленую поверхность и иметь на переднем крае бортик высотой 10 мм [52].

Клавиатура должна располагаться на рабочем столе на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю, либо на специальной регулируемой подставке, отделенной от основной поверхности стола [52].

Монитор должен находиться на расстоянии 600 – 700 мм от пользователя и иметь регулировку по высоте и углу наклона в вертикальной плоскости [52].

Заключение

Результатом выполнения данной выпускной квалификационной работы является подтверждение актуальности создания и развития персонального экологически чистого транспорта. На основе изученной литературы и патентов зарубежных компаний производителей разработана учебная модель данного транспортного средства.

Каждый раздел данной выпускной квалификационной работы раскрывает процесс разработки «Моноколеса». Основная её часть посвящена разработке структурной и функциональной схем. Здесь подробно раскрывается каждый блок и элемент, описывается её функции и назначение в системе. Выбор и сравнение необходимых технических элементов системы стабилизации подробно описан в соответствующем разделе. К каждому элементу системы предъявляются определённые технические требования, которые и служили основанием для его приобретения.

Следующие раздел посвящены разработке зубчатой передачи моноколеса. Здесь представлен расчёт редуктора, их обоснование и результаты. Далее отведено место процессу 3D-моделирования разрабатываемого транспортного средства. В этой части представлены этапы разработки и его результаты.

Результатом работы служит конструкторская документация – а именно, принципиальная электрическая схема системы стабилизации и сборочный чертёж разработанной 3D-модели колеса.

В разделе «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассмотрена экономическая целесообразность разработки: проанализирован целевой потребительский рынок, оценена стоимость ресурсов научного исследования (материально-технических, финансовых, информационных и человеческих), определены возможные альтернативы исследования и выбран наиболее рациональный путь с экономической точки зрения. Разработан план-график научно-исследовательских работ и сформирован бюджет исследований. Более того,

проведено сравнение с потенциальными конкурентами и определена общая экономическая эффективность проекта.

В разделе «социальная ответственность» проведён анализ рабочего места сотрудника (студента) на предмет возникновения вредных и опасных факторов, негативное воздействие на окружающую среду, а также возможные чрезвычайные ситуации. Результатом проделанной работы являются обнаруженные вредные и опасные факторы, а также нормы определённые для каждого из них.

В результате разработана учебная модель электрического персонального транспортного средства типа «Моноколесо». Разработка выполнена в соответствии с техническим заданием. Следующим этапом является разработка алгоритма управления, написание программного кода, проектирование корпуса транспортного средства.

Полученные знания и опыт по разработке подобных транспортных средств планируется использовать в профессиональной производственной деятельности и научных работах.

Список публикаций студента

1. Дмитриев И.О., Катков В.В., Тептюк А.Д. «Навигация автономных мобильных роботов с использованием облачных технологий». // МСиТ: сборник работ VIII международной научно-практической конференции студентов, магистрантов и молодых учёных (9-13 Ноября, 2015). / 2016 – Томск: Издательство ТПУ. – Сборник 1 – 330.
2. Дмитриев И.О., Катков В.В., Тептюк А.Д. «Моноколесо» как решение проблемы персональных транспортных средств передвижения». // МСиТ: сборник работ VIII международной научно-практической конференции студентов, магистрантов и молодых учёных (9-13 Ноября, 2015). / 2016 – Томск: Издательство ТПУ. – Сборник 1 – 330.
3. Дмитриев И.О., Катков В.В., Тептюк А.Д. «Эхолокация в компьютерном зрении». // МСиТ: сборник работ VIII международной научно-практической конференции студентов, магистрантов и молодых учёных (9-13 Ноября, 2015). / 2016 – Томск: Издательство ТПУ. – Сборник 1 – 330.
4. Дмитриев И.О., Николаенко В.С. «Лидерство как позитивный риск, необходимый для успешного завершения ИТ-проектов». // Современные проблемы и тенденции развития экономики, управления и информатики в XXI веке: Материалы V международной научно-практической конференции (19 Декабря, 2015). / 2016 – Санкт-Петербург – [в печати].

Список использованной литературы

1. Сайт компании «Яндекс.Пробки». [Электронный ресурс]. – URL: https://yandex.ru/company/researches/2014/ya_traffic_msk_2014 (Дата обращения: 22.04.2016).
2. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный ресурс]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Segway_PT (Дата обращения: 22.04.2015).
3. Интернет портал «Русский Базар». [Электронный ресурс]. – URL: <http://russian-bazaar.com/ru/content/12887.htm> (Дата обращения: 23.01.2016).
4. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный ресурс]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Self-balancing_unicycle (Дата обращения: 25.04.2016).
5. Сайт компании Solowheel. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.solowheel.com/product/xtreme> (Дата обращения: 22.10.2015).
6. Информационный портал «Geektimes». [Электронный ресурс]. – URL: <https://geektimes.ru/company/mailru/blog/250632/> (Дата обращения: 15.02.2016).
7. Сайт компании «Sunwheel». [Электронный ресурс]. – URL: <http://sunwheel.ru/info/obzor-monokoles.html> (Дата обращения: 22.10.2015).
8. Интернет портал «Autochel.ru». [Электронный ресурс]. – URL: <http://autochel.ru/text/testdrive/805633.html> (Дата обращения: 23.10.2015).
9. Электронный ресурс «Avislab». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.avislab.com/blog/brushless01/> (Дата обращения: 22.10.2015).
10. Сайт компании «Sunwheel». [Электронный ресурс]. – URL: <http://sunwheel.ru/info/info1.html> (Дата обращения: 22.10.2015).
11. Сайт компании «Электроколесо.ру». [Электронный ресурс]. – URL: <http://electrokolесо.ru/about.html> (Дата обращения: 24.10.2015).

12. Сайт компании Solowheel. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.solowheel.com/product/orbit> (Дата обращения: 22.10.2015).
13. Форум об электротранспорте «Электротранспорт.Ру» [Электронный ресурс]. – URL: <http://electrotransport.ru/ussr/index.php?topic=24209.0> (Дата обращения: 10.03.2016).
14. Пособие по комплексному проектированию окружающей среды [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gosthelp.ru/text/PosobiePosobiepokompleksn3.html> (Дата обращения: 2.03.2016).
15. Форум «Электрик» [Электронный ресурс]. – URL: <http://360dya.ru/elektromotory/asinxronnye/vrashhayushhiy-moment-dvigatelya-usilie-na-valu/> (Дата обращения: 23.04.2016).
16. Инженерный справочник «Технические таблицы» [Электронный ресурс]. – URL: <http://tehtab.ru/guide/guidephysics/frication/frictionofrolling/> (Дата обращения: 4.05.2016).
17. Ресурс для ИТ-специалистов «Хабрахабр» [Электронный ресурс]. – URL: <https://habrahabr.ru/company/makeitlab/blog/226477/> (Дата обращения: 11.03.2016).
18. Универсальная научно-популярная онлайн-энциклопедия «Энциклопедия Кругосвет» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/voennaya_tehnika/INERTSIALNAYA_NAVIGATSIYA.html?page=0,1 (Дата обращения: 10.03.2016).
19. Поставщик технических изделий «Flagma» [Электронный ресурс]. – URL: <http://novosibirsk.flagma.ru/zubchaty-reduktor-so1396864-1.html> (Дата обращения: 13.04.2016).
20. Интернет магазин «Aliexpress» [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.aliexpress.com/premium/%25D0%259A%25D0%25BE%25D0%25BB%25D0%25B5%25D1%2581%25D0%25BE->

%25D0%25BC%25D0%25BE%25D1%2582%25D0%25BE%25D1%2580
.html?ltype=wholesale&d=y&origin=y&isViewCP=y&SearchText=%D0%
9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BE+%D0%BC%D0%B
E%D1%82%D0%BE%D1%80&src=google&albch=search&acnt=583-
536-
3536&isdl=y&aff_short_key=UneMJZVf&albcpr=367389449&albag=2483
5539569&slnk=&trgt=kwd-
69463382862&plac=&crea=92850690929&netw=g&device=c&mtctp=b&
memo1=1o1&gclid=CjwKEAajwjca5BRCAyaPGi6_h8m8SJADryPLhMJG
4TkLcSuwO3BP5YPocsmETeYW2jXsCbs3XN-lfFBoCm_bw_wcB (Дата
обращения: 13.04.2016).

21. Интернет портал «Autochel.ru». [Электронный ресурс]. – URL:
<http://autochel.ru/text/testdrive/805633.html> (Дата обращения
05.04.2016).
22. Интернет магазин «Aliexpress» [Электронный ресурс]. – URL:
[http://ru.aliexpress.com/item/Mini-DC-168-12V-1800mAh-High-Capacity-
Rechargeable-Lithium-Li-ion-Battery-for-CCTV-
Camera/32520094898.html](http://ru.aliexpress.com/item/Mini-DC-168-12V-1800mAh-High-Capacity-Rechargeable-Lithium-Li-ion-Battery-for-CCTV-Camera/32520094898.html) (Дата обращения 07.11.2015).
23. Информационный портал «Easy electronics» [Электронный ресурс]. –
URL: [http://we.easyelectronics.ru/Shematech/soglasovanie-logicheskikh-
urovney-5v-i-33v-ustroystv.html](http://we.easyelectronics.ru/Shematech/soglasovanie-logicheskikh-urovney-5v-i-33v-ustroystv.html) (Дата обращения: 21.04.2016).
24. Драйвер. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный ресурс].
Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс:
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Драйвер_\(электроника\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Драйвер_(электроника)) (Дата обращения:
29.10.2015)
25. Микроконтроллер. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный
ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Микроконтроллер> (Дата
обращения: 29.10.2015)

26. Интернет-магазин «RoboShop, Inc.» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.robotshop.com/en/12v-120-rpm-dc-motor-641.html> (Дата обращения: 21.10.2015).
27. Сообщество робототехников «Робокрафт» [Электронный ресурс]. – URL: robocraft.ru/blog/technology/734.html (Дата обращения: 21.04.2016).
28. Гироскоп. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный ресурс]. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/Гироскоп (Дата обращения: 29.10.2015)
29. Акселерометр. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный ресурс]. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/Акселерометр (Дата обращения: 29.10.2015)
30. Кнопка. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Кнопка_\(техника\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Кнопка_(техника)) (Дата обращения: 29.10.2015)
31. Функциональная схема. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0 (Дата обращения: 30.01.2016).
32. Форум «Arduino.ru» [Электронный ресурс]. – URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno> (Дата обращения: 24.01.2016).
33. Интернет магазин «Alibaba» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.alibaba.com/product-detail/DC-Motor-16002_60366660679.html?spm=a2700.7724857.29.197.f44ike (Дата обращения: 30.01.2016).
34. Интернет магазин «Alibaba» [Электронный ресурс]. – URL: ru.aliexpress.com/item/Wholesales-JGB37-3530B-Gear-Motor-With-Encoding-disc-Customized-Speed-High-Torque-Speed-Measuring-Motor-

- For/32378824153.html?spm=2114.41010208.4.2.vYTXrm (Дата обращения: 30.01.2016).
35. Datasheet драйвера «L293D» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf> (Дата обращения: 30.01.2016).
36. Интернет магазин «Ebay» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ebay.com/itm/L3G4200D-Axis-Gyro-Triple-Angular-Velocity-Sensor-Board-Module-for-Arduino-GY-50-/331706037552?hash=item4d3b387530:g:AREAAOSwIwhWRAcD> (Дата обращения: 27.01.2016).
37. Интернет магазин «Ebay» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ebay.com/itm/ADXL345-3-Axis-Digital-Acceleration-of-Gravity-Tilt-Module-AVR-ARM-MCU-Arduino-/191674294902?hash=item2ca0ada276:g:or8AAOSwNSxVGntM> (Дата обращения: 28.01.2016).
38. Интернет магазин «Au.ru» [Электронный ресурс]. – URL: <http://krsk.au.ru/4825394/> (Дата обращения: 29.01.2016).
39. Интернет магазин «Ebay» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ebay.com/itm/Mini-Portable-DC-168-12V-Rechargeable-Li-ion-Battery-Pack-for-CCTV-Camera-N1-/261712618539?hash=item3cef49a42b:g:sYAAOSwc3ZUnEB5> (Дата обращения: 28.01.2016).
40. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный ресурс]. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/Зубчатая_передача (Дата обращения: 19.03.2016).
41. Дунаев П.Ф., Леликов О.П., Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для техн. спец. вузов. - 6-е изд., исп. - М.: Высш. шк., 2000. - 447 с. // Интернет портал «Расчёт редукторов он-лайн» [Электронный ресурс]. – URL: http://reduktor.sopromat.org/calc/calc.php?t=2&reducer_schema=1&tsepi=0&remen=0&ignor=0&output_data=1&demo=3&n_vih=60&t_vih=1000&resurs=8&k_god=0.55&k_sut=0 (Дата обращения: 19.03.2016).

42. Интернет портал «Расчёт редукторов» [Электронный ресурс]. – URL: http://raschet-reduktorov.ru/tsilindricheskie-reduktory_31/osnovnye-parametry-reduktorov-tsilindricheskimizubchatymi-kolesami (Дата обращения: 19.03.2016).
43. Интернет портал «Редуктор» [Электронный ресурс]. – URL: http://reduktor.sopromat.org/calc/calc.php?t=2&reducer_schema=1&tsepi=0&remen=0&ignor=0&output_data=1&demo=3&n_vih=60&t_vih=1000&resurs=8&k_god=0.55&k_sut=0 (Дата обращения: 19.03.2016).
44. ГОСТ 2.702-75 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам.
45. ГОСТ 2.701-2008. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
46. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный ресурс]. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface (Дата обращения: 19.03.2016).
47. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
48. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
49. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности.
50. СН 2.2.4/2.1.8.566 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
51. СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
52. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
53. N 197-ФЗ. Трудовой кодекс Российской Федерации, 2001.

54. ПОТ Р М-020-2001 «Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах», СПб: ЦОТПБСП, 2002.
55. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
56. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
57. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность.
58. ГОСТ Р 50377-92 (МЭК 950-86). Безопасность оборудования информационной технологии, включая электрическое контрольное оборудование.
59. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 «Температура поверхностей оборудования».
60. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный ресурс]. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/АБС-пластик (Дата обращения: 20.04.2016).
61. Интернет-библиотека «Wikipedia». [Электронный ресурс]. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/Эпоксидная_смола (Дата обращения: 20.04.2016).
62. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
63. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
64. Технический регламент «о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс] / Единая справочная служба Консорциума «Кодекс». URL: <http://ezproxy.ha.tpu.ru:2065/docs/>, свободный – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 15.05.2016 г.

Приложение А
Сборочный чертёж

Приложение Б

Принципиальная электрическая схема